



**TEXTO DEL ESTUDIANTE**

# QUÍMICA

**4<sup>o</sup>**  
Educación  
Media

**SILVINA IRIBERRI DE DÍAZ**

LICENCIADA EN EDUCACIÓN Y  
PROFESORA DE QUÍMICA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE.

**ROMINA MARTÍNEZ ORELLANA**

LICENCIADA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN QUÍMICA,  
UNIVERSIDAD DE CHILE.

MAGÍSTER EN FISCOQUÍMICA MOLECULAR,  
UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO.





El Texto del Estudiante **Química 4º**, para Cuarto Año de Educación Media, es una obra colectiva, creada y diseñada por el Departamento de Investigaciones Educativas de Editorial Santillana, bajo la dirección general de **MANUEL JOSÉ ROJAS LEIVA**

COORDINACIÓN DE PROYECTO:  
Eugenia Águila Garay

COORDINACIÓN ÁREA CIENCIAS:  
Marisol Flores Prado

AUTORES:  
Silvina Iriberry de Díaz  
Romina Martínez Orellana

EDICIÓN:  
Patricia Ortiz Gutiérrez

REVISIÓN DE ESPECIALISTAS:  
José Tomás López Vivar  
Matías Carrasco Kind  
Franklin Rosales Salazar  
Pablo Valdés Arriagada  
Sonia Valdebenito Cordovez

CORRECCIÓN DE ESTILO:  
Isabel Spoerer Varela  
Astrid Fernández Bravo  
Marcela León Squadrito  
Gabriela Precht Rojas

DOCUMENTACIÓN:  
Paulina Novoa Venturino  
María Paz Contreras Fuentes

La realización gráfica ha sido efectuada bajo la dirección de **VERÓNICA ROJAS LUNA** con el siguiente equipo de especialistas:

COORDINACIÓN GRÁFICA:  
Carlota Godoy Bustos

COORDINACIÓN GRÁFICA LICITACIÓN:  
Xenia Venegas Zevallos

JEFE DISEÑO ÁREA CIENCIAS:  
Sebastián Alvear Chahuán

DIAGRAMACIÓN:  
Gina Casas Hernández  
Loreto Figueroa Lizana

ILUSTRACIONES:  
Juan Esteban del Pino Briceño  
Marcelo Cáceres Ávila  
Luis Parraguez Tudela  
Álvaro Carrasco Saa

FOTOGRAFÍAS:  
César Vargas Ulloa  
Archivo Editorial

CUBIERTA:  
Xenia Venegas Zevallos

PRODUCCIÓN:  
Germán Urrutia Garín

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del "Copyright", bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución en ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo público.

© 2010, by Santillana del Pacífico S.A. de Ediciones  
Dr. Aníbal Ariztía 1444, Providencia, Santiago (Chile)  
Impreso en Chile por Quad/Graphics.  
ISBN:978-956-15-1756-1  
Inscripción N°:197.837

Se terminó de imprimir esta 3ª edición de  
93.600 ejemplares, en el mes de Noviembre del año 2012.  
[www.santillana.cl](http://www.santillana.cl)



## PRESENTACIÓN



El texto **Química 4º**, para Cuarto Año de Educación Media, tiene el propósito de ayudarte a entender temas de gran interés actual, como la composición y aplicación de los polímeros naturales y sintéticos, la radiactividad en el contexto de la tecnología nuclear y los procesos productivos vinculados a la industria química, aplicando en el estudio de ellos los conocimientos adquiridos en los años anteriores.

Así conocerás la química del carbono aplicada a los procesos de producción de plásticos y fibras sintéticas y a los procesos que hacen posible la vida en nuestro planeta. Comprenderás cómo se producen las reacciones nucleares, tema muy vigente e interesante, y podrás advertir las diferencias de estas con las reacciones químicas que ocurren en nuestro entorno. Por último, conocerás el objetivo principal de la industria química y los procesos que hacen posible obtener las materias primas que se utilizan en la fabricación de productos.

En tu último año escolar, es nuestro mayor anhelo ofrecerte un Texto que te ayude a comprender mejor los procesos que ocurren en el mundo que te rodea y entender cómo la Química influye en nuestra sociedad.

### Este libro pertenece a:

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso: \_\_\_\_\_

Colegio: \_\_\_\_\_

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

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

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

**¡Que te vaya muy bien!**

## ORGANIZACIÓN DEL TEXTO DEL ESTUDIANTE

El Texto del Estudiante **Química 4°** se organiza en cuatro unidades, cuyos tipos de página presentan la estructura y las características que a continuación se describen.

### 1 INICIO DE UNIDAD

Doble página, que incluye **imágenes** representativas de los principales temas que estudiarás en la Unidad.

#### Introducción

Breve texto que te aproxima a los contenidos que se abordarán en la Unidad.

#### Lo que sé

Incluye preguntas relacionadas con las imágenes de estas páginas y con el contenido central de la Unidad.

#### Lo que aprenderé

Esquema que presenta los aprendizajes esperados de la Unidad, y los grandes temas y conceptos asociados a estos.

#### Conversemos

Te invita a comentar con tus compañeros y compañeras sobre una temática de interés.

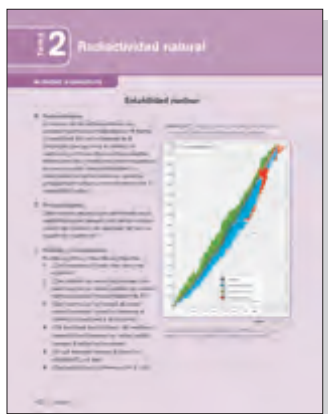


### 2 EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA

Evaluación inicial destinada a medir los conocimientos previos necesarios para que puedas abordar la Unidad. Incluye la sección **Lo que me gustaría saber**, en la que podrás plantear interrogantes que serán respondidas a través del estudio de la Unidad.



### 3 INICIO DE UNIDAD Y DESARROLLO DE CONTENIDOS



#### Actividad exploratoria

Actividad de **indagación parcial**, a través de la cual se inicia cada Tema de la Unidad.



#### Conceptos clave

Significado de términos citados en el Texto, cuya definición facilita tu lectura.



#### Reflexionemos

Tema relacionado con los contenidos, para que comentes y reflexiones con tus compañeros y compañeras.

#### Rincón del debate

Te invita a discutir y manifestar tus ideas frente a un tema controversial.



**Conexión con...**

Vinculación de algunos contenidos químicos con otras áreas del conocimiento.



**Inter@ctividad**

Vínculo con páginas webs relacionadas con algunos contenidos tratados.



**Ejemplo resuelto**

Se describen los pasos que te guiarán en la resolución del problema propuesto. Luego, a través de nuevos ejercicios, podrás aplicar el procedimiento aprendido.

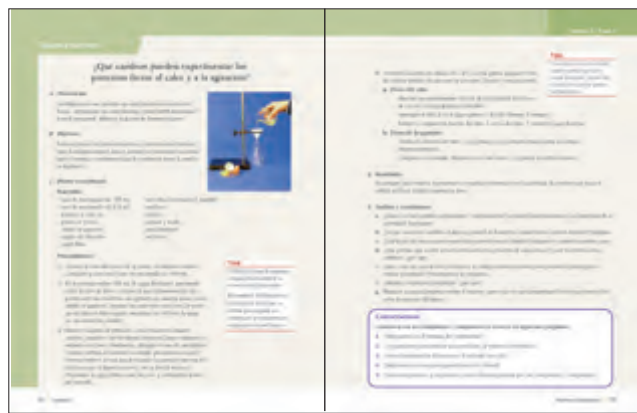
**Lectura científica**

A través de la exposición de un tema actual, podrás descubrir cómo alguno de los contenidos de la Unidad se vinculan con la ciencia, la tecnología y la sociedad.



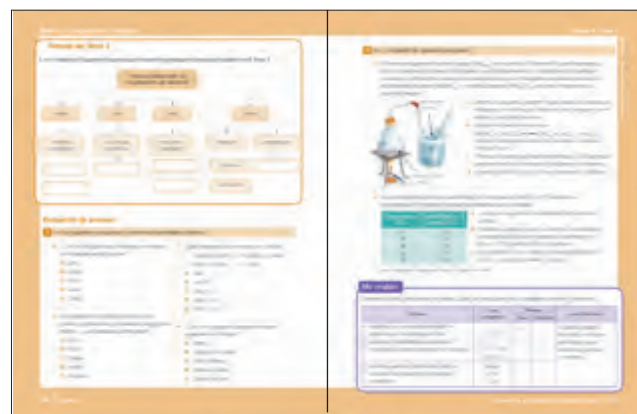
**Taller científico**

Actividad en la que trabajarás como lo hacen los científicos y científicas, planteando hipótesis, experimentando e interpretando resultados.



**Síntesis y Evaluación de proceso**

Doble página, que cierra cada Tema, en la que se integran y evalúan los principales contenidos tratados. Incluye la sección **Me evalúo**, mediante la cual podrás evaluar tus logros.







# ORGANIZACIÓN DEL TEXTO DEL ESTUDIANTE

## 4 PÁGINAS FINALES DE LA UNIDAD

### Síntesis de la Unidad

Resumen gráfico (infografía) de los contenidos de la Unidad que incluye una breve definición o descripción de los principales conceptos.



### Química en la Historia

Gráfica lineal en la que se presentan, cronológicamente, los aportes de algunos investigadores e investigadoras, cuyos trabajos se relacionan con la Unidad. Además, se entrega una visión general de ciertos hechos históricos relevantes.





**Unidad 1**
**La química de los polímeros**
**10**

Evaluación diagnóstica	12	3. Polímeros por adición	26
<b>Tema 1 Introducción a los polímeros</b> (Actividad exploratoria)	<b>14</b>	4. Polímeros por condensación	30
1. Características generales de los polímeros	15	<b>Taller científico</b>	34
2. Clasificación de los polímeros	16	5. Industria de los polímeros	36
<b>Taller científico</b>	19	6. Impacto ambiental por la utilización de plásticos	37
<b>Síntesis - Evaluación de proceso</b>	20	<b>Síntesis - Evaluación de proceso</b>	40
<b>Tema 2 Polímeros sintéticos</b> (Actividad exploratoria)	<b>22</b>	<b>Síntesis de la Unidad</b>	42
1. Historia de los polímeros sintéticos	23	<b>Química en la Historia</b>	44
2. Clasificación de los polímeros sintéticos	24	<b>Evaluación final</b>	46
		<b>Proyecto científico</b>	49

**Unidad 3**
**Materia y energía: radiactividad natural e inducida**
**90**

Evaluación diagnóstica	92	<b>Tema 3 Fenómenos nucleares inducidos y sus aplicaciones</b> (Actividad exploratoria)	<b>120</b>
<b>Tema 1 Propiedades del núcleo atómico</b> (Actividad exploratoria)	<b>94</b>	1. Radiactividad inducida	121
1. Núcleo atómico	95	2. Fisión nuclear	122
2. ¿Qué mantiene unidas a las partículas del núcleo?	97	3. Fusión nuclear	124
<b>Taller científico</b>	98	4. Relación masa-energía en las reacciones de fisión y de fusión	125
<b>Síntesis - Evaluación de proceso</b>	100	5. Aplicaciones pacíficas de la fisión nuclear	126
<b>Tema 2 Radiactividad natural</b> (Actividad exploratoria)	<b>102</b>	<b>Síntesis - Evaluación de proceso</b>	136
1. Radiactividad	103	<b>Síntesis de la Unidad</b>	138
2. Decaimiento radiactivo y tipos de radiación	104	<b>Química en la Historia</b>	140
3. Series radiactivas	109	<b>Evaluación final</b>	142
4. Velocidad de desintegración radiactiva	110	<b>Proyecto científico</b>	145
<b>Taller científico</b>	112		
<b>Síntesis - Evaluación de proceso</b>	118		



<b>Unidad 2</b>	<b>Polímeros naturales</b>	<b>50</b>	
Evaluación diagnóstica	52	1. ¿Qué son las proteínas?	67
<b>Tema 1 Carbohidratos y ácidos nucleicos</b> (Actividad exploratoria)	<b>54</b>	2. Niveles estructurales de las proteínas	72
1. Polímeros de interés biológico	55	Taller científico	74
2. Carbohidratos	56	3. Proteínas funcionales: las enzimas	78
Taller científico	59	Síntesis - Evaluación de proceso	80
3. Ácidos nucleicos	60	Síntesis de la Unidad	82
Síntesis - Evaluación de proceso	64	Química en la Historia	84
<b>Tema 2 Proteínas</b> (Actividad exploratoria)	<b>66</b>	Evaluación final	86
		Proyecto científico	89

<b>Unidad 4</b>	<b>Extracción y procesamiento de materias primas</b>	<b>146</b>	
Evaluación diagnóstica	148	<b>Tema 3 Recursos minerales no metálicos</b> (Actividad exploratoria)	<b>176</b>
<b>Tema 1 Los materiales como materia prima</b> (Actividad exploratoria)	<b>150</b>	1. Obtención de carbonato de litio y de litio	177
1. Los minerales y sus características	151	2. El azufre	179
2. Minerales metálicos y no metálicos	152	3. El salitre	181
3. Etapas del proceso productivo de las materias primas	153	4. El yodo	184
Síntesis - Evaluación de proceso	156	Síntesis - Evaluación de proceso	186
<b>Tema 2 Recursos minerales metálicos</b> (Actividad exploratoria)	<b>158</b>	<b>Tema 4 Cerámica, vidrio y cemento</b> (Actividad exploratoria)	188
1. Procesos metalúrgicos	159	1. Las cerámicas	189
2. El cobre	160	2. El vidrio	190
3. El hierro	166	3. El cemento	194
Taller científico	169	Taller científico	196
4. Otros metales de interés	170	Síntesis - Evaluación de proceso	198
5. Desarrollo sustentable	172	Síntesis de la Unidad	200
Síntesis - Evaluación de proceso	174	Química en la Historia	202
		Evaluación final	204
		Proyecto científico	207

Anexo 1	208
Anexo 2	209
Anexo 3	210

Solucionario	214
Índice temático	222
Bibliografía	224

## Unidad

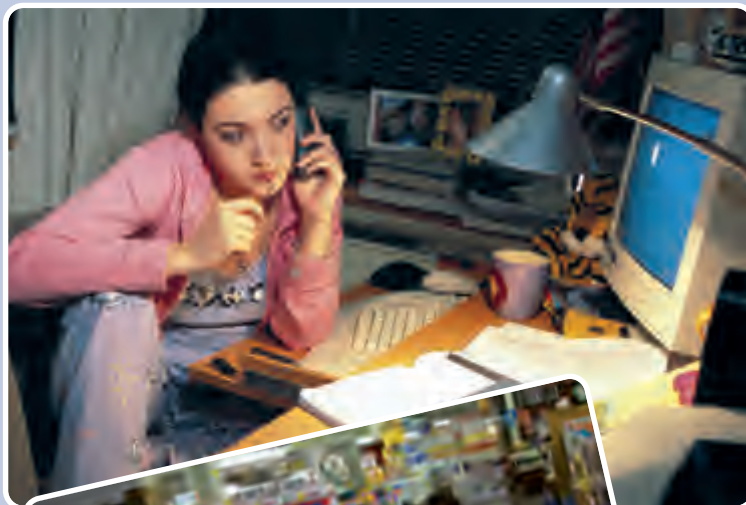
## 1

# La química de los polímeros

El ser humano, imitando la forma en que la naturaleza “fabrica” moléculas orgánicas, ha logrado sintetizar una serie de polímeros.

Muchos han bautizado el siglo XX como la era del plástico, debido al explosivo desarrollo de la industria del plástico y la comercialización de nuevos materiales sintéticos, con atractivas propiedades químicas y físicas que no están presentes en los productos naturales, y que, de alguna manera, han desplazado la utilización de estos últimos.

La producción de materiales sintéticos se ha incrementado con el transcurso del tiempo, respondiendo a las necesidades de una sociedad altamente industrializada.

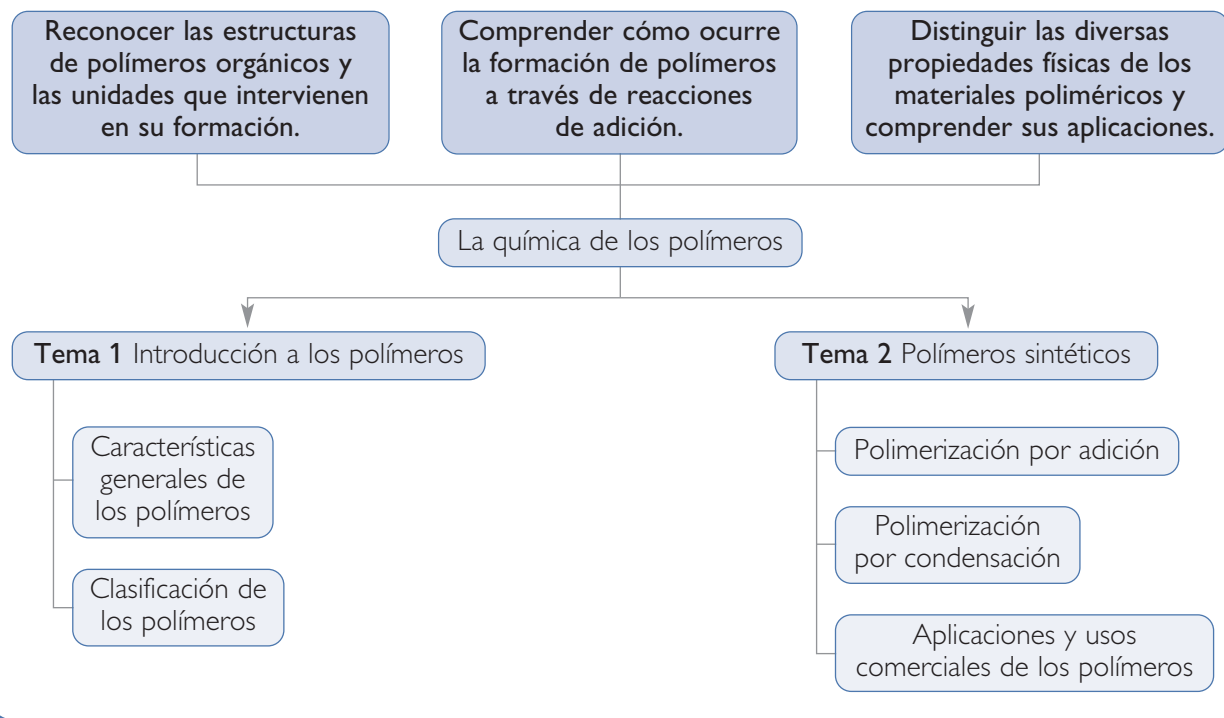


## Lo que sé

Lee y comenta las siguientes preguntas con tus compañeros y compañeras.

1. ¿Por qué crees que al siglo XX se le ha llamado la era del plástico?
2. ¿Qué polímeros sintéticos conoces? Señala tres.
3. ¿Conoces los efectos ambientales que provoca el uso indiscriminado de polímeros sintéticos? Coméntalos.
4. ¿Qué diferencias hay entre los polímeros que se obtienen de la naturaleza y aquellos que son sintetizados por el ser humano? Explica.
5. ¿Qué características crees que comparten los polímeros naturales y los artificiales?

## Lo que aprenderé



## Conversemos

Lee la siguiente información y, luego, comenta las preguntas con tus compañeros y compañeras.

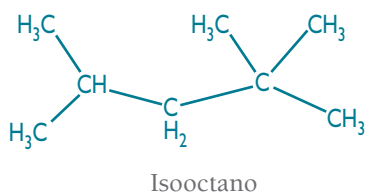
El avance en la elaboración de productos sintéticos ha provocado un aumento explosivo en la cantidad de desechos plásticos que se eliminan anualmente, lo que ha llevado a distintos países a tomar medidas que reduzcan la producción y utilización de estos productos. En países como Estados Unidos y el nuestro se está incentivando el remplazo de las bolsas plásticas de los supermercados por las de papel y género, ya que los residuos plásticos pueden permanecer por décadas o siglos sin destruirse, debido a su alta resistencia a la corrosión, al agua y a la descomposición bacteriana; todo esto convierte a los plásticos en residuos difíciles de eliminar y, consecuentemente, en un grave problema ambiental.

1. ¿Qué opinan sobre la medida adoptada por algunos países respecto del uso de bolsas plásticas?
2. ¿Qué desventajas tiene para el medioambiente la utilización de productos cuyo proceso de degradación tarda mucho tiempo?
3. Averigüen qué estrategias se han diseñado para reducir la cantidad de desechos plásticos y analicen cuál de ellas sería posible de aplicar en el lugar donde viven. Luego, coméntenlas en el curso.



## EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA

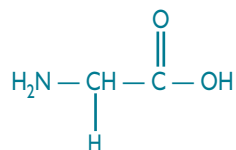
**I** Observa la estructura molecular del isooctano y, luego, responde por escrito.



1. ¿Cuántos átomos de carbonos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios tiene el isooctano? Explica.
2. ¿Cuál es el nombre oficial, según lo establecido por la IUPAC, para el isooctano?
3. Si sabemos que el elemento carbono presenta una particularidad muy importante, que es su capacidad de hibridación (reordenamiento electrónico), ¿qué tipo de hibridación presentan todos los átomos de carbono de este isooctano?
4. ¿Cuál es la valencia y el ángulo de enlace que tiene el átomo de carbono cuaternario del isooctano?

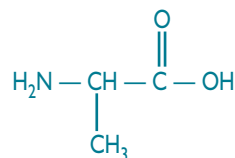
**II** Observa las estructuras de los siguientes aminoácidos y responde.

A



Glicina (Gly)

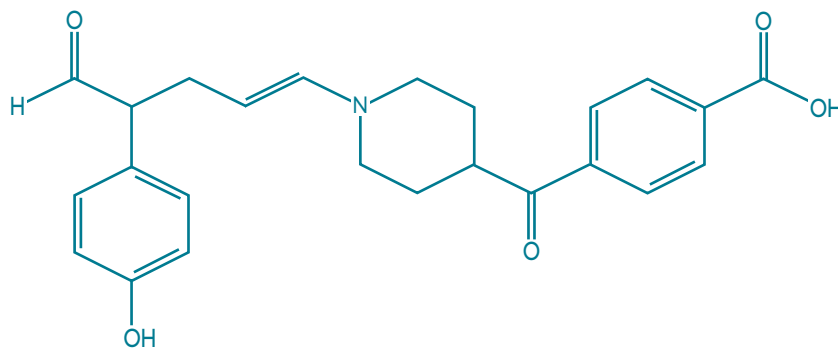
B



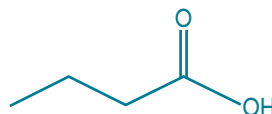
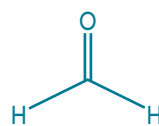
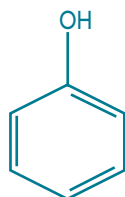
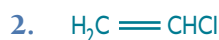
Alanina (Ala)

1. Señala los grupos funcionales que están presentes en cada molécula. ¿Cuáles son las principales diferencias entre estos dos aminoácidos?
2. Marca el carbono  $\alpha$  de ambas moléculas y represéntalo tetraédricamente.
3. Dibuja la estructura de la molécula que resultaría al unir estos dos aminoácidos a través de una reacción química.

**III** Identifica y escribe los grupos funcionales existentes en la siguiente molécula.



**IV** Señala el nombre de las siguientes estructuras según las nomenclaturas establecidas por la IUPAC.



**V** Lee y analiza la información que se presenta en la tabla y responde las preguntas señaladas.

Tabla N° 1: Comparación de la masa molar y punto de ebullición de algunos compuestos orgánicos.

Compuesto	Masa molar ( $\text{g mol}^{-1}$ )	Punto de ebullición ( $^{\circ}\text{C}$ )
Metano	16,04	-161,4
Metanol	32,04	64,7
Etano	30,07	-88,6
Etanol	46,07	78,4
Propano	44,09	-42,2
Propanol	60,09	97,8

Fuente: Handbook of Chemistry and Physics. 84<sup>th</sup> edition (2003-2004).

- ¿Cuál es el estado físico de cada uno de estos compuestos a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C}$ )?
- ¿Qué relación hay entre el estado físico a temperatura ambiente y las fuerzas intermoleculares que estabilizan a los compuestos indicados en la tabla? Fundamenta tu respuesta.
- Identifica cada serie homóloga presente en la tabla N° 1. Luego, determina qué relación hay entre la masa molar y el punto de ebullición de los compuestos orgánicos de cada serie homóloga.

### Lo que me gustaría saber

A partir de la sección *Lo que aprenderé*, de la página 11, y de tus conocimientos e inquietudes, te invitamos a escribir en tu cuaderno cuatro o cinco preguntas cuyas respuestas te gustaría encontrar en esta Unidad.

Por ejemplo:

- ¿Qué es un polímero?, ¿qué es un monómero?
- ¿Cuál es la diferencia entre un polímero natural y uno sintético?
- ¿Cuáles son las aplicaciones comerciales de los polímeros sintéticos?

# Introducción a los polímeros

## Actividad exploratoria

### ¿De qué manera la estructura que presenta un polímero puede condicionar sus propiedades físicas?

#### A. Antecedentes

Los polímeros, en general, presentan propiedades físicas diferentes a las de otras moléculas orgánicas de menor tamaño. El gran volumen de estas macromoléculas hace que experimenten fuerzas intermoleculares sustancialmente mayores. En efecto, las cadenas de los polímeros lineales se empaquetan estrechamente en una forma regular, presentando un rango de temperatura en el que se funde, que es más elevado que en polímeros formados por moléculas orgánicas de menor tamaño y de estructura similar; lo mismo sucede al compararlo con el rango de temperaturas en el que funde un polímero de masa similar, pero que presenta una estructura ramificada.

Otro aspecto a considerar en la organización y estructura de un polímero es la estereoisomería. La forma del isómero *cis* dificulta el empaquetamiento de las cadenas moleculares, lo que genera fuerzas intermoleculares débiles; esto explica su bajo punto de fusión en relación al isómero *trans*, cuya disposición espacial permite un empaquetamiento eficaz.

#### B. Hipótesis

Propón una hipótesis a la pregunta planteada inicialmente.

#### C. Procedimiento

Lee y analiza la información que se presenta en la tabla respecto de las propiedades químicas y físicas de tres polímeros constituidos únicamente por átomos de carbono e hidrógeno.

Polímero	Forma del polímero	Fuerzas intramoleculares	Masa molar ( $\text{g mol}^{-1}$ )	Isomería geométrica	Punto de fusión ( $^{\circ}\text{C}$ )
A	Ramificado	Covalente simple	25 000	No presenta	150
B	Lineal	Covalente doble	15 000	Trans	80
C	Lineal	Covalente doble	10 000	Cis	60

#### D. Análisis y conclusiones

Lee y responde las siguientes preguntas en tu cuaderno.

1. ¿Qué fuerza o fuerzas intermoleculares crees que están principalmente involucradas en la estabilidad electrónica de estos tres polímeros?
2. ¿En cuál de los tres polímeros existe mayor fuerza intermolecular?, ¿por qué?
3. ¿Por qué el polímero **A** tiene el mayor punto de fusión?
4. ¿Por qué el polímero **C** presenta el menor punto de fusión?
5. ¿Por qué el polímero **B** posee mayor punto de fusión con respecto del polímero **C**? Explica.

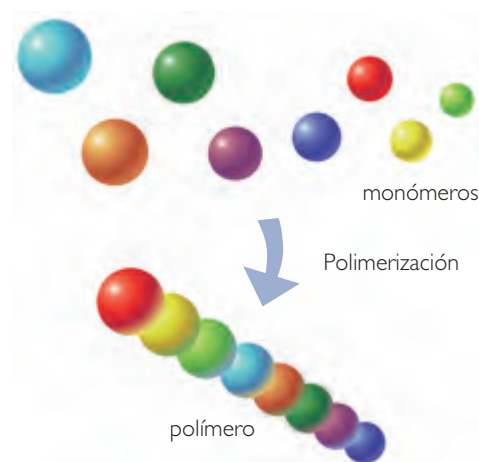


## 1. Características generales de los polímeros

### Actividad 1

### Identificar e interpretar

1. Consigan distintos materiales de uso común. Luego, clasifíquenlos según su origen: natural o sintético.
  - a. ¿Cuál de ellos serviría como materia prima para la elaboración de otros materiales?
  - b. Elige tres materiales de origen natural; ¿qué diferencias y semejanzas estructurales crees que existen entre ellos?
2. Observa la imagen y, luego, responde las preguntas en tu cuaderno.
  - a. Define el concepto de monómero y polímero.
  - b. ¿En qué consiste el proceso de polimerización?
  - c. Si cambiáramos el orden de la posición de los monómeros, ¿qué crees que ocurriría con el polímero? Explica.



Es difícil poder imaginar que exista alguna relación entre la clara del huevo, el papel, un envase de bebida desechable y el material genético de una célula. Sin embargo, si analizamos detenidamente la estructura de las moléculas que conforman cada uno de los ejemplos señalados, veremos que tienen características comunes. Por ejemplo:

- todas estas moléculas poseen una masa molecular muy alta, mayor a 10 000 unidades, característica por la cual también se llaman **macromoléculas** (de macro = grande).
- están formadas por unidades estructurales que se repiten siguiendo, casi siempre, un patrón determinado. Esta particularidad les confiere el nombre de **polímeros**, donde cada unidad se conoce como **monómero**.

En la naturaleza se encuentra una cantidad considerable de polímeros que se denominan **polímeros naturales**. Algunos se conocen desde la antigüedad, tales como el algodón, la seda y el caucho. Los polisacáridos, las proteínas y los ácidos nucleicos también son polímeros naturales que cumplen funciones biológicas de extraordinaria importancia en los seres vivos, y por ello se les llama **biopolímeros**.

Muchos de los materiales que utilizamos a diario están hechos de **polímeros sintéticos**, es decir, macromoléculas creadas en un laboratorio o en la industria. El polietileno de los envases plásticos, el poliuretano de las zapatillas y el rayón de una prenda de vestir son polímeros sintéticos.

### Conceptos clave

**polímero:** macromolécula formada por unidades monoméricas que se repiten.

**monómero:** unidad básica a partir de la cual se obtiene un polímero.

## 2. Clasificación de los polímeros

### 2.1. Clasificación de los polímeros según la estructura de sus cadenas: lineales y ramificadas

#### Conceptos clave

**punto de ataque:** zona o región donde se produce la polimerización.

Cuando los monómeros se unen, pueden formarse largas cadenas de diferentes formas y estructuras, generándose polímeros lineales y ramificados.

**A. Polímeros lineales.** El monómero que los genera presenta dos **puntos de ataque**, de modo que la polimerización ocurre unidireccionalmente y en ambos sentidos.



**B. Polímeros ramificados.** El monómero que los origina posee tres o más puntos de ataque, de modo que la polimerización ocurre tridimensionalmente, es decir, en las tres direcciones del espacio.



Entre los polímeros ramificados se encuentran los que tienen formas de redes, estrellas y dendritas.

Muchas de las propiedades de los polímeros dependen de su estructura. Por ejemplo, un material blando y moldeable tiene una estructura lineal con sus cadenas unidas mediante fuerzas intermoleculares débiles; en tanto, un material rígido y frágil posee una estructura ramificada; un polímero duro y resistente tiene cadenas lineales con fuertes interacciones intermoleculares entre las cadenas.

#### Actividad 2

#### Analizar e inferir

Lee y analiza la siguiente información y, luego, responde en tu cuaderno.

En el mercado existen dos tipos de polietileno: uno de alta densidad (PEAD) y otro de baja densidad (PEBD). Uno de ellos presenta estructura lineal; el otro, estructura ramificada, con cadenas laterales unidas a la cadena principal carbonada.

1. ¿Qué tipo de polietileno debiera tener una estructura ramificada?, ¿por qué?
2. ¿Qué estructura le confiere resistencia al polímero? Explica.
3. Si quisiéramos fabricar, por ejemplo, bolsas de basura, ¿qué polietileno usarías?, ¿por qué?

## 2.2. Clasificación según su origen: polímeros naturales y sintéticos

### A. Polímeros naturales.

Corresponden a los polímeros que forman parte de los seres vivos, como plantas y animales. Algunos ejemplos son: almidón, caucho natural, proteínas y ácidos nucleicos.



Caucho natural.

### B. Polímeros sintéticos o artificiales.

Son aquellos polímeros sintetizados a través de procesos químicos en laboratorios o en industrias a partir de materias primas (unidades monoméricas) específicas. Algunos ejemplos son el caucho vulcanizado, el polietileno y el poliéster.

Entre los polímeros naturales y sintéticos no hay grandes diferencias estructurales; ambos están formados por monómeros que se repiten a lo largo de toda la cadena polimérica.



Caucho vulcanizado.

### Conexión con... Biología

Lee la siguiente información y, luego, comenta las preguntas con tu curso.

En el año 1969 se realizó el primer implante de corazón artificial a un hombre al que le daban solo algunos días e incluso horas de vida hasta el cese total del funcionamiento de su corazón. Los médicos tratantes habían fracasado en la búsqueda de un donante de este órgano.

El corazón mecánico que mantuvo con vida al paciente durante sesenta y cuatro horas fue fabricado con una resina epoxídica con cámaras de caucho de silicona.

En la actualidad, el trasplante cardíaco está lejos de poder satisfacer la demanda existente. En Chile, el número de donaciones es todavía insuficiente, y pese a los esfuerzos y campañas realizados por la Corporación del Trasplante, aún muchos potenciales donantes no llegan a constituirse en donantes efectivos, y los órganos de muchos, que sí lo son, no obtienen un manejo médico adecuado que permita preservar el corazón.

Fuente: [www.unimoron.edu.ar/Portals/0/PDF/doc-invest-tesauro-es-18.pdf](http://www.unimoron.edu.ar/Portals/0/PDF/doc-invest-tesauro-es-18.pdf)

1. ¿Qué ventajas tiene el implante de un corazón artificial?, ¿qué desventajas? Averigua.
2. ¿De qué manera la ciencia, la tecnología y la sociedad están presentes en la creación de un corazón artificial? Explica.
3. ¿Qué opinas sobre la donación de órganos?, ¿estás de acuerdo o en desacuerdo?, ¿por qué?

### Actividad 3

#### Seleccionar información y clasificar

Busca información sobre los siguientes polímeros: celulosa, nailon, glucógeno, seda, teflón y silicona.

1. Clasifícalos según su origen en: naturales y sintéticos.
2. ¿Cuál(es) de estos polímeros presenta(n) una estructura química similar?
3. ¿Qué diferencias estructurales hay entre la celulosa y el glucógeno? Explica.
4. Señala los usos y/o funciones que tienen estos polímeros.





## DESARROLLO DE CONTENIDOS

### 2.3. Clasificación según la composición de sus cadenas: homopolímeros y copolímeros

Tanto los polímeros naturales como los sintéticos están estructuralmente formados por cadenas carbonadas en las que pueden repetirse monómeros iguales o diferentes. De acuerdo con el tipo de monómeros que constituyen la cadena, los polímeros se clasifican en: homopolímeros y copolímeros.

**A. Homopolímeros.** Son macromoléculas formadas por la repetición de unidades monoméricas idénticas. La celulosa y el caucho son homopolímeros naturales; el polietileno y el PVC son homopolímeros sintéticos.

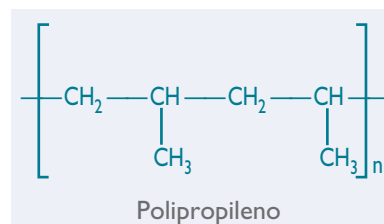
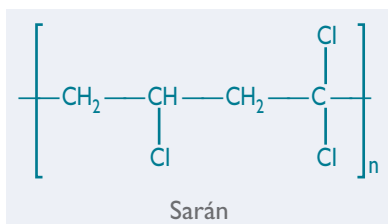
**B. Copolímeros.** Son macromoléculas originadas por dos o más unidades monoméricas distintas. La seda es un copolímero natural y la baquelita, uno sintético. Los copolímeros más comunes están formados por dos monómeros diferentes que pueden generar cuatro combinaciones distintas.

Copolímero al azar		Los monómeros se agrupan por azar.
Copolímero alternado		Los monómeros se ubican de manera alternada.
Copolímero en bloque		Los monómeros se agrupan en bloque, en forma alternada.
Copolímero injertado		Se parte de una cadena lineal formada por un tipo de monómero y se agregan ramificaciones de otro monómero.

#### Actividad 4

#### Observar y clasificar

Observa las siguientes representaciones de los polímeros y, luego, responde en tu cuaderno.



1. ¿Qué semejanza(s) y diferencia(s) presentan ambos polímeros? Explica.
2. Clasifica estos polímeros según su estructura.
3. ¿Cuál es el monómero de estos polímeros?

## TALLER CIENTÍFICO

## ¿Cómo afecta a la estructura de un polímero natural la adición de un agente externo?

### A. Observación

Como ya estudiaste en el Tema 1, existen polímeros de origen natural y sintético. La gelatina, por ejemplo, es un polímero natural formado por la proteína de colágeno. Si se le agrega a este polímero un agente externo, como la glicerina, su estructura interna se altera, modificándose de este modo el aspecto y algunas características de la gelatina.

### B. Hipótesis

Reúnanse en grupos de tres integrantes y planteen una hipótesis a la pregunta inicial. Recuerden que la hipótesis es una posible respuesta al problema de investigación y debe ser planteada como una afirmación factible de ponerse a prueba.

### C. Diseño experimental

Esta etapa corresponde a la formulación del plan de trabajo que realizarán para validar o rechazar la hipótesis. Deben considerar los materiales que se necesitan y el procedimiento. Con ayuda de su profesor o profesora, decidan cuál es el más adecuado.

### D. Resultados

Planteen una forma para registrar los datos obtenidos. Recuerden que para ello pueden utilizar gráficos, tablas y esquemas, entre otros. Registrar los resultados facilita el análisis de estos y el planteamiento de conclusiones.

### E. Análisis de resultados y conclusiones

Esta etapa tiene como finalidad interpretar y analizar los resultados obtenidos para dar respuesta a la o las preguntas que dieron origen a la hipótesis, y así verificar su validez. Tengan presente que la formulación de toda hipótesis, aun cuando deba ser replanteada, es una instancia de aprendizaje.

#### Tips

Preparen la gelatina con anterioridad al desarrollo de la actividad (una hora antes). Disuelvan 10 g de la sustancia en 250 mL de agua tibia.

#### Conversemos

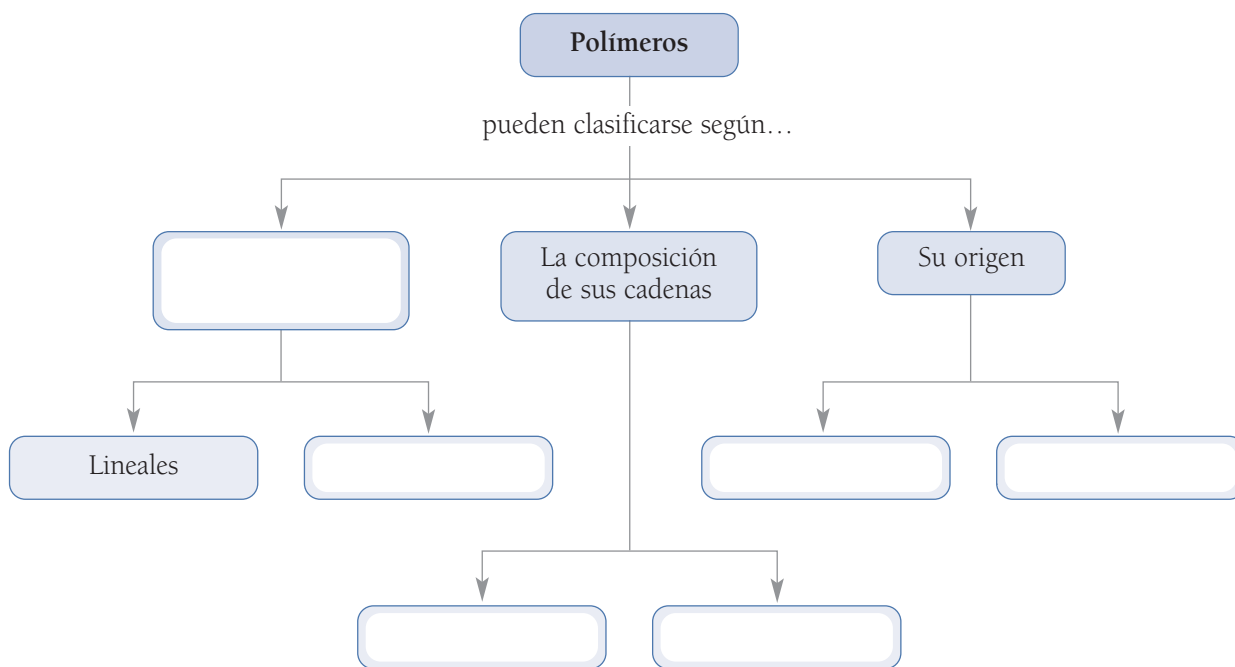
Comenten con sus compañeros y compañeras en torno a las siguientes preguntas.

1. ¿Participaron colaborativamente en el planteamiento y desarrollo de cada etapa?
2. ¿Cumplieron con las tareas asignadas por el grupo?
3. ¿Respetaron las ideas de sus compañeros y compañeras?
4. ¿Trabajaron de forma rigurosa y ordenada?
5. Finalizada la actividad, ¿dejaron limpio y ordenado el lugar de trabajo?
6. ¿Verificaron la hipótesis planteada?

## SÍNTESIS - EVALUACIÓN DE PROCESO

## Síntesis del Tema 1

Lee y completa el siguiente esquema que resume los principales conceptos tratados en el Tema 1.



## Evaluación de proceso

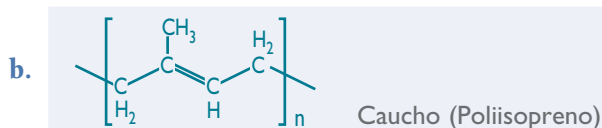
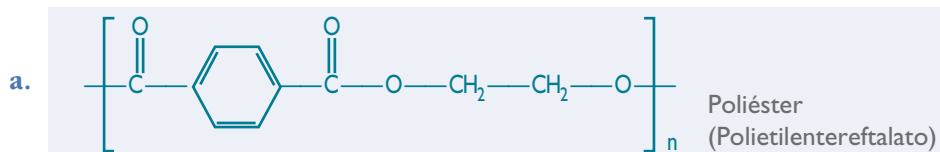
**I** Lee las siguientes preguntas y selecciona la alternativa correcta (2 puntos cada una).

- ¿Cómo clasificarías a un polímero cuya estructura es: ABABABABABAB?
  - Homopolímero.
  - Copolímero al azar.
  - Copolímero injertado.
  - Copolímero alternado.
  - Copolímero en bloque.
- ¿Cuál de las siguientes aseveraciones es **correcta** respecto de los polímeros ramificados?
  - Poseen baja resistencia.
  - Son polímeros rígidos y frágiles.
  - La polimerización ocurre en forma unidireccional.
  - El monómero que los origina tiene dos puntos de ataque.
  - Ninguna de las anteriores.
- ¿Cuál de las aseveraciones sobre los polímeros sintéticos es **incorrecta**?
  - Son biodegradables.
  - Son macromoléculas de elevado peso molecular.
  - Sus estructuras pueden ser lineales o ramificadas.
  - Están formados por muchos monómeros, que pueden ser iguales o distintos.
  - En la mayoría, sus estructuras se basan en la de los polímeros naturales.



4. Un polímero que se forma cuando el monómero que lo origina presenta dos puntos de ataque puede ser:
- homopolímero.
  - copolímero.
  - ramificado.
  - lineal.
- I y II
  - II y III
  - I, II y IV
  - I, II y III
  - Todas las alternativas son correctas.
5. ¿Cuál(es) de las siguientes alternativas representan características de los polímeros?
- Poseer un elevado peso molecular.
  - Estar formados siempre por diferentes unidades monoméricas.
  - Estar constituidos por monómeros iguales o diferentes.
  - Provenir de moléculas naturales.
- Solo I
  - Solo III
  - I y III
  - I, II y IV
  - II, III y IV

**II** Observa la estructura molecular de los siguientes polímeros. Clasifícalos indicando: su origen, composición de las cadenas y estructura de las cadenas (2 puntos cada una).



### Me evalúo

Completa la tabla. Para estimar tu puntaje, sigue las indicaciones que te señalará tu profesor o profesora.

Debería	Ítem (preguntas)	Puntaje		¿Qué debo hacer?
		Total	Obtenido	
• Reconocer y diferenciar los polímeros según la composición y estructura de sus cadenas.	I	10		Según los puntajes obtenidos, realiza las actividades que te indicará tu profesor o profesora.
• Clasificar los polímeros según distintos criterios.	II	6		

## Actividad exploratoria

## ¿Qué factores influyen en las características de un polímero?

## A. Antecedentes

Los polímeros sintéticos presentan propiedades mecánicas. Entre estas propiedades destacan la resistencia a la tracción que es la medida de la capacidad que tiene un polímero para soportar los esfuerzos de estiramiento; la tensión, que corresponde a la capacidad para resistir una fuerza de tracción sin romperse; la dureza, que tiene relación con la resistencia del material polimérico al rayado y a la abrasión; la capacidad de elongación, que está asociada al cambio de forma que experimenta un cuerpo cuando se somete a tensión.

## B. Hipótesis

Plantea una hipótesis a la pregunta inicial. Luego, formen grupos de tres integrantes y consigan los materiales que se señalan.

## C. Diseño experimental

**Materiales:**

Varilla de vidrio, objetos de plástico (por ejemplo, envases de bebidas desechables, bolsas de basura, juguetes viejos, mangos de herramientas o sartenes, espuma de colchón, cañerías de PVC), mechero, acetona (solvente inflamable, por lo que el ensayo deben hacerlo lejos de la llama), martillo, agua, diez tubos de ensayo, pipeta de 10 mL y pinzas metálicas.

**Procedimiento:**

Lean y realicen el siguiente montaje:

1. Intenten estirar cada uno de los materiales lo más que puedan.
2. Calienten la varilla de vidrio en la llama de un mechero y luego acérquenla con mucho cuidado al material plástico.

3. Golpeen la muestra (materiales seleccionados) con un martillo.
4. Usando las pinzas metálicas, calienten con cuidado un trozo del material en la llama del mechero y observen lo que ocurre.
5. Presionen fuertemente los materiales y observen si estos cambian de forma.
6. Coloquen un trozo de cada material en un tubo de ensayo y agreguen 2 mL de acetona; agiten el tubo de vez en cuando. Observen durante algunos minutos lo que ocurre.
7. Coloquen el objeto de plástico bajo el chorro de agua y registren lo que ocurre.

## D. Resultados

Diseñen y elaboren una tabla que les permita registrar sus resultados.

## E. Análisis y conclusiones

Lean y respondan las preguntas en sus cuadernos.

1. ¿Por qué creen que los polímeros son sólidos?
2. ¿Qué factores influyen en la dureza de un polímero?
3. ¿Por qué algunos polímeros se quiebran con facilidad?
4. ¿Cómo explicarían las propiedades de un elástico?
5. ¿Por qué algunos plásticos se funden con facilidad?
6. ¿En qué influye la estructura de un polímero? Expliquen.

## 1. Historia de los polímeros sintéticos

La historia de los polímeros sintéticos es larga. Por mucho tiempo solo se usaron polímeros naturales, como la celulosa, en la fabricación de papel, o algodón, en la confección de prendas de vestir. Sin embargo, con el paso del tiempo, el objetivo fue imitar y sintetizar estos polímeros naturales. Hoy día ni siquiera nos podríamos imaginar un mundo sin ellos: ropa que no se arruga, recubrimientos sintéticos en baños y cocinas, partes de aparatos electrodomésticos y un sinnúmero de otras cosas.

### 1.1. El caucho vulcanizado: uno de los primeros polímeros sintéticos descubiertos

#### Actividad 5

#### Seleccionar información

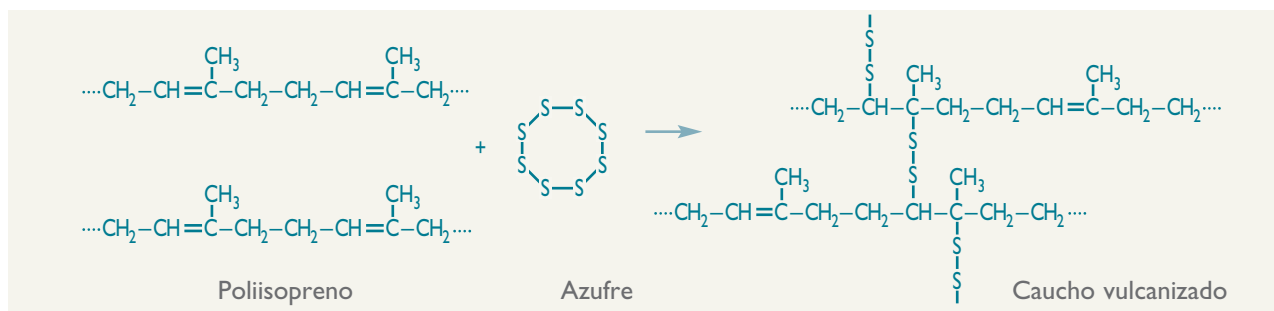
Lee la siguiente información y, luego, responde en tu cuaderno.

El caucho natural 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. 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.

1. Averigua en distintas fuentes sobre la estructura molecular del isopreno. Explica a través de un esquema en qué consiste el proceso de polimerización del isopreno.
2. ¿Qué usos tiene en la actualidad el caucho vulcanizado?
3. ¿Qué características estructurales permiten justificar las diferentes propiedades del caucho natural y del vulcanizado?

En el pasado, solo disponíamos del 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. Este 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.

El norteamericano Charles Goodyear (1800-1860) mezcló accidentalmente en una estufa caliente azufre y caucho, obteniendo así un material que no se fundía ni se ponía pegajoso al calentarlo, y tampoco se quebraba cuando se le sometía a bajas temperaturas. Bautizó a este nuevo material con el nombre de **caucho vulcanizado**. El proceso se llama vulcanización. En él, el azufre provoca el **entrecruzamiento** de las cadenas del polímero, a través de reacciones que se producen entre algunos de los dobles enlaces C=C, como se muestra a continuación:



#### Conceptos clave

**entrecruzamiento:** formación de enlaces químicos entre las cadenas poliméricas, lo que le otorga al material mayor rigidez.

## 2. Clasificación de los polímeros sintéticos

Aunque ciertos productos sintéticos ocasionan algunos problemas, como por ejemplo su eliminación residual, por otra parte, han mejorado tanto la calidad de vida del ser humano, que actualmente son insustituibles. Por esta razón, es importante saber de dónde provienen, cómo se sintetizan y cuáles son sus propiedades.

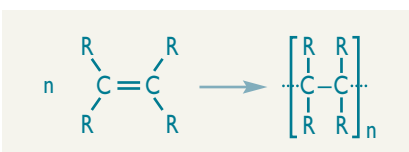
### 2.1. Clasificación de los polímeros sintéticos según el tipo de síntesis

Como ya mencionamos en el **Tema 1** de esta Unidad, los polímeros son macromoléculas que se forman a partir de la unión de monómeros. El proceso por el que se unen los monómeros se llama **polimerización**. La polimerización puede ser por **adición** o por **condensación**.



El polipropileno es un polímero sintetizado por adición y se emplea, entre otras cosas, en la fabricación de recipientes para microondas.

**A. Polimerización por adición.** Los polímeros se forman por la sucesiva unión de monómeros que tienen uno o más enlaces dobles y triples.



En esta fórmula, **R** puede ser un átomo de hidrógeno, un grupo alquilo o algún grupo funcional, como halógeno, ácido carboxílico, éster u otro. Los monómeros utilizan el enlace doble o triple para unirse entre sí. En el proceso de **polimerización** de este tipo se distinguen tres etapas: iniciación, propagación y terminación.

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. Este intermediario reacciona con una segunda molécula del monómero y da un nuevo intermediario; este último reacciona con una tercera unidad monomérica, y así sucesivamente, hasta que la cadena polimérica deja de crecer (si es una **polimerización catiónica**), o si se destruyen los radicales libres (**polimerización radicalaria**), o bien, si se neutraliza el carbanión (**polimerización aniónica**).



El cloruro de polivinilo o PVC es un polímero de condensación y se utiliza, por ejemplo, en la fabricación de tuberías para drenaje.

**B. Polímeros de 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.

## 2.2. Clasificación según propiedades de los polímeros sintéticos

Las propiedades de un polímero son determinantes a la hora de decidir la aplicación que se le dará. Por ejemplo, si deseamos fabricar un objeto que sea elástico, deberá estar hecho de un polímero con propiedades elásticas, es decir, nos interesará principalmente su capacidad de elongación y su **resistencia a la flexión**. Los polímeros sintéticos se pueden clasificar según sus propiedades físicas y su comportamiento frente al calor.

### Conceptos clave

**resistencia a la flexión:** formación de enlaces químicos entre las cadenas poliméricas, lo que le otorga al material mayor rigidez.

### A. Según propiedades físicas

Fibras	Elastómeros	Plásticos
Son hebras ordenadas en una dirección determinada, formando hilos muy resistentes, debido a que las fuerzas intermoleculares entre las cadenas poliméricas son intensas. Algunos ejemplos de fibras son: nailon y polietileno.	Son polímeros amorfos, es decir, sus cadenas poliméricas tienen una orientación irregular. Al estirarse, sus cadenas se extienden y se orientan en el sentido de la fuerza aplicada. Como sus fuerzas intermoleculares son débiles y escasas para mantener esta orientación, el elastómero vuelve a su forma original cuando se libera de la fuerza aplicada. Entre los elastómeros más conocidos se encuentran el caucho sintético y el neopreno.	Son todos aquellos polímeros que presentan propiedades intermedias entre las fibras y los elastómeros, es decir, no representan un punto de fusión fijo. Esta propiedad intrínseca permite a los plásticos moldearlos y adaptarlos a diferentes formas y aplicaciones, ya que poseen, durante un intervalo de temperaturas, propiedades de elasticidad y flexibilidad.

### B. Con relación a su comportamiento frente al calor

Termoplásticos	Termoestables
Se caracterizan porque sus cadenas, ya sean lineales o ramificadas, no están unidas. Presentan entre sus cadenas fuerzas intermoleculares, que se debilitan al aumentar la temperatura, por eso se reblandecen. Son materiales rígidos a temperatura ambiente, pero se vuelven blandos al elevar la temperatura; se pueden fundir y moldear varias veces, sin que por ello cambien sus propiedades, son reciclables.	Son polímeros cuyas cadenas están interconectadas por medio de ramificaciones más cortas que las cadenas principales. El calor es el principal responsable del entrecruzamiento que da una forma permanente a este tipo de polímeros, y 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, por ello no son reciclables.

### Actividad 6

### Aplicar

Observa la siguiente tabla. En ella se señalan algunos ejemplos de polímeros termoplásticos y termoestables. Luego, responde en tu cuaderno.

Termoplásticos	Termoestables
Polietileno	PVC
Tergal	Baquelita
Poliestireno	Plexiglás
Nailon	Melamina

- ¿Qué polímero utilizarías para fabricar los siguientes artículos: cortina, gorra de baño, lentes para el sol, cañerías, papel adhesivo y una cuerda?
- Con respecto al comportamiento frente al calor, ¿qué relación hay entre la estructura de las cadenas y esta propiedad? Explica.

### 3. Polímeros por adición



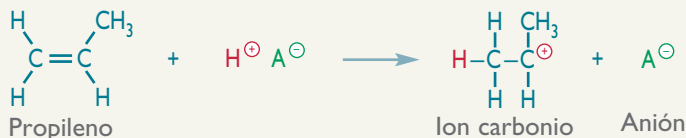
El polipropileno es una sustancia parecida al caucho. Se emplea para fabricar recipientes para microondas y alfombras artificiales.

#### 3.1. Polimerización catiónica: formación del polipropileno

En 1954, Giulio Natta, siguiendo la línea de trabajo de Karl Ziegler, logró obtener polipropileno de estructura muy regular, denominado **isotáctico** (polímero que tiene todos los grupos metilo del mismo lado del esqueleto hidrocarbonado). Esto se logró seleccionando el catalizador apropiado para la polimerización. La importancia de su trabajo y el empleo de nuevos catalizadores revolucionaron el campo de la química industrial.

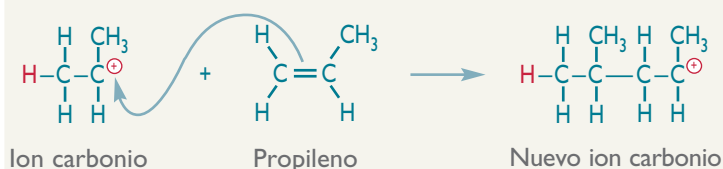
En la polimerización catiónica de un alqueno, el extremo por el que crece la cadena es un **catión** (electrófilo). A continuación, se presentan las etapas.

##### 1. Iniciación



Se adiciona un ácido (HA) al propileno. El protón  $\text{H}^+$  (reactivo iniciador) ataca los electrones del enlace doble y termina uniéndose a uno de los átomos de carbono. En esta reacción se genera un ion carbonio o **carbocatión** (especie deficiente en electrones).

##### 2. Propagación



Como existe una muy baja concentración de HA, con respecto al alqueno, es improbable que el ion carbonio se encuentre con el  $\text{A}^-$  y sea neutralizado. En vez de esta reacción, el ion carbonio ataca al doble enlace (alta densidad electrónica) de otra molécula de propileno, formando un nuevo ion carbonio, y así sucesivamente se va alargando la cadena y el polímero sigue creciendo.

##### 3. Terminación



La cadena deja de crecer y ahora es posible la reacción entre el ion carbonio y el anión.



El PVC es un polímero termoestable de múltiples aplicaciones. Cuando se le añade un plastificante, se toma más flexible y sirve para fabricar flotadores.

#### 3.2. Polimerización aniónica: formación del cloruro de polivinilo (PVC)

El PVC (cloruro de polivinilo) fue descubierto accidentalmente por Henri Victor Regnault en el año 1838, por medio de la exposición directa del cloruro de vinilo a la luz del día. Sin embargo, no advirtió la importancia de su descubrimiento. En 1872, Eugen Baumann fue el primero en sintetizar polímeros derivados de haluros de vinilo con propiedades físicas relacionadas con un plástico.

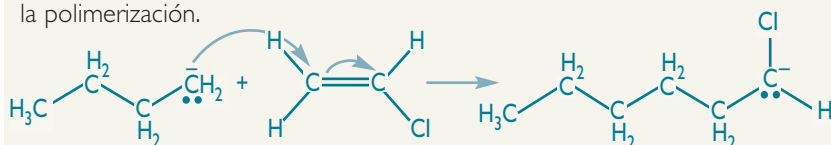


La polimerización aniónica comienza por medio de un iniciador. En este caso, el iniciador es un **anión**, es decir, un ion con carga eléctrica negativa. Existe una gran variedad de iniciadores empleados en la polimerización aniónica; sin embargo, el más utilizado es el n-butil-litio ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Li}$ ).

### 1. Iniciación

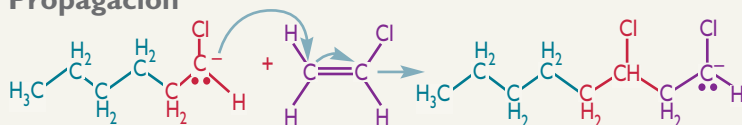


Este carbanión reacciona con el cloruro de vinilo, iniciándose así la polimerización.



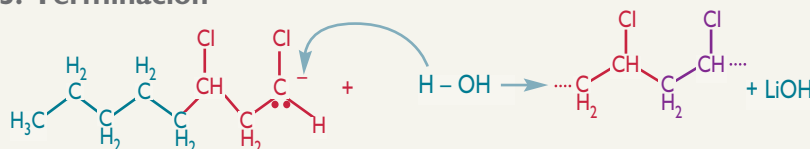
El butil litio se separa para formar un anión butilo y un catión litio. La carga negativa del butilo se localiza sobre un átomo de carbono, lo que genera un carbanión.

### 2. Propagación



El carbanión resultante reacciona con otra molécula del monómero, así el proceso se repite muchas veces y de este modo la cadena se va alargando.

### 3. Terminación



La polimerización finaliza con la neutralización del carbanión; esta reacción se logra a través de la adición de un protón proveniente del agua. De este modo se obtiene, finalmente, el cloruro de polivinilo.

### Actividad 7

### Comparar

Observa las etapas descritas en la polimerización catiónica (página 26) y polimerización aniónica (página 27) y, luego, responde en tu cuaderno.

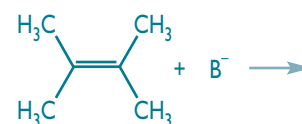
1. ¿Qué tienen en común ambos tipos de polimerización?
2. ¿En qué se diferencian? Explica.
3. ¿Qué crees que ocurriría con el proceso de síntesis si se interrumpiera la etapa 2?, ¿por qué?
4. ¿Qué diferencias crees que hay en cuanto a las propiedades de estos polímeros?

### Actividad 8

### Inferir

En la polimerización aniónica, el iniciador es un reactivo fuertemente nucleófilo, representado por  $\text{B}^-$ , es decir, afín con un sustrato deficiente de electrones.

Formula un posible mecanismo de reacción para la polimerización de un alqueno.



## DESARROLLO DE CONTENIDOS

## 3.3. Polimerización radicalaria: formación del polietileno

## Conceptos clave

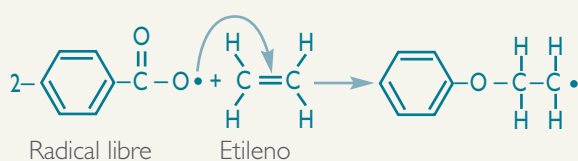
**ruptura homolítica:** ruptura del enlace covalente, en el que cada átomo, después de la ruptura, se queda con uno de los electrones que forman el enlace.

El polietileno fue sintetizado por primera vez en el año 1898, por el químico alemán Hans von Pechmann, quien, accidentalmente, calentando diazometano ( $\text{CH}_2\text{N}_2$ ), obtuvo una sustancia blanca similar a la cera.

La **polimerización radicalaria** se inicia al generarse radicales libres en el medio, especie muy reactiva y que forma intermediarios sin cargas, ya que la reacción genera una **ruptura hemolítica** del enlace. Por ejemplo, la descomposición de un peróxido origina un radical libre que puede adicionarse a un alqueno, produciéndose un radical carbono.

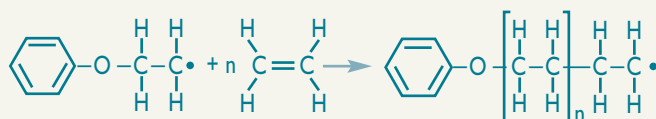
Veamos el caso de la polimerización radicalaria del **etileno** con el radical libre obtenido del peróxido de benzoílo ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}$ )<sub>2</sub>, para producir el polietileno.

## 1. Iniciación



El peróxido de benzoílo se descompone por efecto de la temperatura, liberando dióxido de carbono y dos radicales libres, cada uno actuando como iniciador de la reacción. La ecuación de la izquierda representa la reacción entre el radical libre y el etileno. En este caso, el par electrónico del doble enlace es atacado fácilmente por el radical libre, formando un nuevo radical.

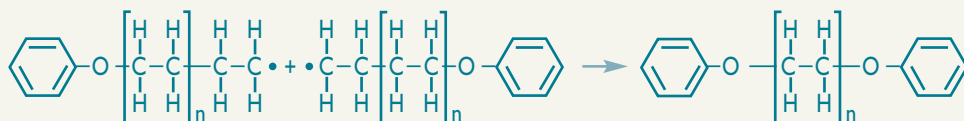
## 2. Propagación



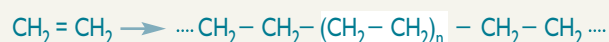
El radical reacciona con otra molécula de etileno, y así el proceso se repite **n** veces, para ir alargando la cadena.

## 3. Terminación

La síntesis del polietileno por adición se puede resumir de la siguiente forma:



es decir:  $-(\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n-$ , donde hemos destacado el monómero correspondiente. Las propiedades del polietileno son muy distintas a las del monómero que lo origina (el etileno).



La cadena termina a través de cualquier reacción en la que se destruyen los radicales libres, dando lugar al polímero llamado polietileno, formado por moléculas con un número **n** de monómeros.

### 3.4. Aplicaciones comerciales de algunos polímeros de adición

El siguiente cuadro indica las propiedades y aplicaciones comerciales de algunos polímeros de adición.

Polímero	Monómero	Propiedades físicas y químicas	Aplicaciones
<b>1. Polipropileno</b> 	$\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}$	<p>Polímero termoplástico. Es resistente al calor, a la acción de microorganismos y a diversos solventes químicos. Puede esterilizarse a temperaturas por sobre los 140 °C, sin sufrir deformaciones. Presenta mayor dureza que el polietileno, pero menos que el poliestireno.</p>	<p>Tiene variadas aplicaciones; por ejemplo, se emplea en la fabricación de recipientes para microondas y alfombras artificiales. Además, se utiliza en la elaboración de equipos de laboratorio, componentes automotores y películas transparentes.</p>
<b>2. Polietileno</b> 	$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \backslash & / \\ & \text{C}=\text{C} \\ & / & \backslash \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$	<p>Polímero termoplástico. Es un material traslúcido y resistente al ataque de productos químicos.</p>	<p>Por su resistencia al ataque de productos químicos, es utilizado en la fabricación de envases. También en la elaboración de implementos de escritorio, juguetes y bolsas plásticas.</p>
<b>3. Poliestireno</b> 	$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \backslash & / \\ & \text{C}=\text{C} \\ & / & \backslash \\ \text{H} & & \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	<p>Polímero termoplástico, inalterable a la humedad y aislante de la corriente eléctrica. En su forma de espuma es muy ligero, lo que le confiere excelentes propiedades estructurales.</p>	<p>En forma de espuma se utiliza para construir accesorios de cocina e, incluso, para mobiliarios. En su variedad transparente se usa para fabricar lentes.</p>
<b>4. PVC</b> 	$\text{CH}_2=\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}$	<p>Polímero termoestable, resistente a la electricidad y al calor.</p>	<p>Por su rigidez es utilizado en la fabricación de cañerías, paneles y otros objetos modelados.</p>

## DESARROLLO DE CONTENIDOS

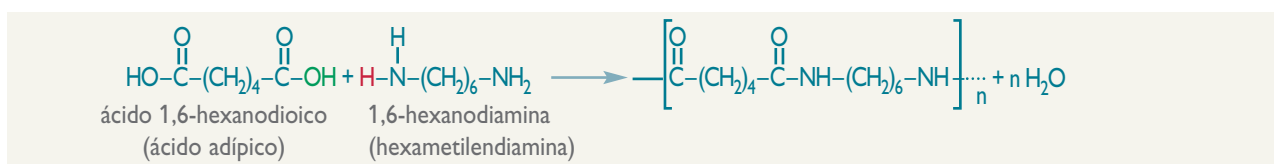


Síntesis del nailon.

## 4. Polímeros por condensación

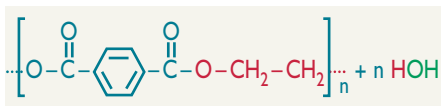
En las polimerizaciones de condensación, dos monómeros reaccionan para formar un dímero, el que, a su vez, puede seguir reaccionando (por ambos extremos) con otras moléculas, alargando así indefinidamente la cadena del polímero. Algunos polímeros sintetizados por este método son: poliamidas, poliésteres, siliconas y resinas.

**A. Poliamidas.** Fibra sintética que tiene la propiedad de formar hilos que se estiran bastante sin romperse. Se pueden usar para hilar y hacer tejidos. Una de las poliamidas más conocidas es el nailon. Este polímero se obtiene por la polimerización de un ácido dicarboxílico (1,6-ácido hexanodioico) y una diamina (1,6-hexanodiamina), según muestra la siguiente ecuación:



El **nailon 66** fue sintetizado por primera vez por Wallace Carruthers, en la compañía DuPont, mediante el calentamiento del ácido adípico con la hexametilendiamina. La designación 66 indica el número de átomos de carbono de ambos compuestos.

**B. Poliésteres.** Se sintetizan de manera similar a las poliamidas, condensando un ácido con un alcohol. Por ejemplo, en la formación del polímero llamado **polietilentereftalato (PET)** reacciona el ácido tereftálico (ácido 1,4-benzodioico) con el etilenglicol (1,2-etanodiol), en presencia de un catalizador o bien por efecto de la presión o del calor. El grupo OH de uno de los grupos carboxilo del ácido reacciona con el átomo de H de uno de los grupos hidroxilo del etilenglicol para formar un éster simple y agua (como subproducto).

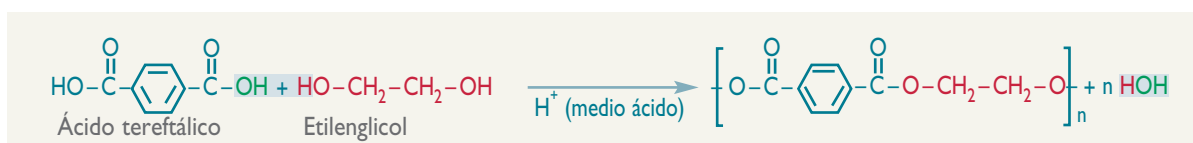


Estructura del poliéster.

Cada unidad del éster simple contiene un grupo carboxilo y un grupo hidroxilo, que pueden reaccionar con otras moléculas y generar otras uniones ésteres y, por tanto, moléculas más grandes, que pueden seguir reaccionando, y así sucesivamente (ver estructura a la izquierda).

El PET fue patentado en 1941 por John Whinfield y James Dickson. Las fuertes atracciones intermoleculares de sus cadenas poliméricas le confieren la capacidad de formar hilos con una alta resistencia.

A continuación, se presenta la ecuación de la formación del PET, en medio ácido:



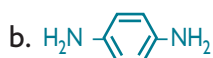
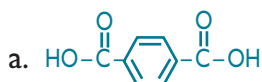
Ecuación de formación del PET.



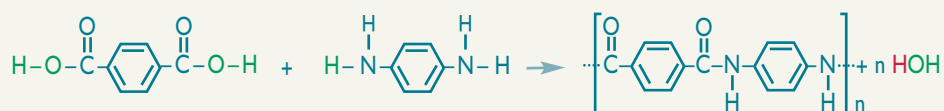
## EJEMPLO RESUELTO 1

## El kevlar: poliamida altamente resistente

¿Cuál es la estructura del polímero llamado kevlar que resulta de la copolimerización del ácido 1,4-benzodíoico (a) con 1,4-diaminobenceno (b)? ¿Cómo se clasifica el polímero formado? ¿Qué utilidad podría tener a partir de su estructura?



1. Contamos con las fórmulas estructurales de los monómeros y planteamos la ecuación de polimerización.

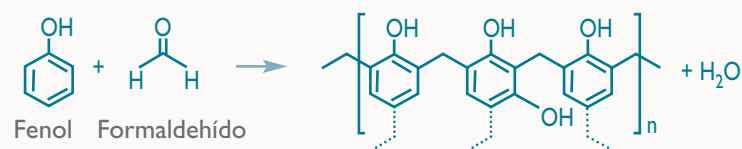


El kevlar es una poliamida utilizada en la fabricación de chalecos antibalas.

2. Definimos el tipo de reacción de polimerización. Ocurre una reacción de condensación, ya que se produce agua. El número de moléculas de agua generado es igual al número de monómeros unidos (ejemplo: n) menos uno (es decir, igual n-1).
3. Clasificamos el polímero y deducimos sus posibles aplicaciones. El polímero resultante es un copolímero lineal de condensación; se trata de una poliamida que se puede utilizar en la elaboración de fibras textiles.

## PARA TRABAJAR

1. Escribe las propiedades que debiera presentar el polímero que resulta de la condensación de fenol y formaldehído, según la siguiente ecuación de síntesis:




2. El monómero de poliisopreno es el isopreno (2- metil- 2,3- butadieno), (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>). Construye la reacción de polimerización del isopreno y clasifícalo según el tipo de polimerización.



#### 4.1. Aplicaciones comerciales de algunos polímeros de condensación

En la siguiente tabla se señalan algunas propiedades y aplicaciones de ejemplos de polímeros de condensación.

Polímero	Monómero(s)	Propiedades físicas y químicas	Aplicaciones
<b>1. Nailon 66</b> 	 Ácido 1,6-hexanodioico  1,6-hexanodiamina	Polímero termoplástico. Presenta resistencia al desgaste, al calor, al moho, a la acción de las polillas y a la abrasión.	Empleado en la elaboración de fibras resistentes a la tracción. Además, es utilizado en la fabricación de hilo de pescar, cuerdas de guitarras, cerdas de cepillos de dientes.
<b>2. Kevlar</b> 	 Ácido tereftálico  1,4 diaminobenceno	Polímero termoestable. Tiene alta resistencia química y térmica (427 °C) y alta dureza.	Se utiliza en la fabricación de chalecos antibalas, candados para <i>notebooks</i> , guantes de seguridad y cascos militares.
<b>3. Siliconas</b> 		Estables al calor y a la oxidación, e insolubles al agua. Son muy poco reactivas; por esta razón se emplean en medicina.	Se emplean en la elaboración de lubricantes, selladores e impermeabilizantes de automóviles. En medicina se utilizan para fabricar corazones artificiales e implantes cosméticos.
<b>4. PET</b> 	 Ácido tereftálico  Etilenglicol	Polímero termoplástico. Tiene alta cristalinidad, es ligero y reciclable.	Empleado en la fabricación de envases de alimentos, botellas de bebidas gaseosas. Al ser una fibra, también es utilizado en la confección de ropa.
<b>5. Baquelita</b> 	 Fenol  Formaldehído	Polímero termoestable. Es resistente al agua, a los ácidos y al calor. Es un buen aislante térmico.	Se usa en la elaboración de los mangos de algunas herramientas eléctricas, conmutadores y enchufes eléctricos, y en mangos de utensilios de cocina.

## TALLER CIENTÍFICO

### ¿Qué propiedades esperarías encontrar en un polímero que se origina de la unión de un monómero de urea y uno de formaldehído?

#### A. Observación

Como ya estudiaste en esta Unidad, la síntesis de polímeros se puede realizar de dos formas: por adición o por condensación. En la primera, el polímero se origina por la unión de sucesivos monómeros; en la segunda, el polímero se forma a partir de la reacción entre dos monómeros con desprendimiento de una molécula de agua.

La urea es un compuesto incoloro y cristalino, cuya fórmula química es  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ . Se encuentra en grandes concentraciones en la orina, ya que es uno de los productos que se obtiene del metabolismo de las proteínas en los seres humanos y algunos mamíferos. Este compuesto es soluble en agua y alcohol. Por su parte, el formaldehído es un compuesto muy volátil y altamente inflamable, cuya fórmula química es  $\text{H}_2\text{C}=\text{O}$ .

#### B. Hipótesis

Formula una hipótesis a la pregunta inicial planteada.

#### C. Diseño experimental

Reúnanse en grupos de tres o cuatro integrantes y consigan los siguientes materiales que les permitirán realizar el procedimiento que se describe a continuación.

##### Materiales:

- un tubo de ensayo
- gradilla
- pipeta de 10 mL
- embudo y portaembudo
- papel filtro
- vaso de precipitado de 100 mL
- agua destilada
- 1 g de urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ )
- ácido clorhídrico diluido (HCl)
- formaldehído (HCHO)

##### Procedimiento:

Observen con atención la reacción de síntesis que realizará su profesor o profesora. Al finalizar el procedimiento anoten en sus cuadernos las características del sólido formado (resina urea-formaldehído).



1. Se coloca 1 g de urea en el tubo de ensayo y luego se adiciona una solución de ácido clorhídrico diluido preparada previamente, tal como indica la **fotografía A**. Preparación de la disolución: mezclar 2 mL de HCl concentrado con 12 mL de agua destilada.
2. A continuación, se adiciona 1 mL de formaldehído (formalina) y se agita la mezcla en un lugar ventilado o al aire libre.
3. Se deja reposar el tubo durante algunos minutos y luego se filtra el precipitado blanco formado, tal como muestra la **fotografía B**.
4. Finalmente, se lava el precipitado con abundante agua y se deja secar a temperatura ambiente.

### Precaución

La formalina comercial que se vende en farmacias y empresas de reactivos químicos es una disolución al 30% aproximadamente. Sus vapores son irritantes y tóxicos, por ello es necesario usar una mascarilla para no inhalarlos.

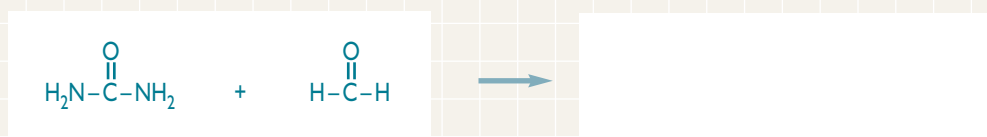
#### D. Resultados

Representen a través de tablas o gráficos los resultados obtenidos en la actividad experimental demostrativa.

#### E. Análisis y conclusiones

Respondan las siguientes preguntas en sus cuadernos.

- a. Completen la ecuación química que representa la siguiente reacción.



- b. Identifiquen si se trata de una polimerización por adición o por condensación.
- c. ¿Qué propiedades podría tener este polímero? Expliquen basándose en su estructura.
- d. De acuerdo con la estructura del polímero y al mecanismo de reacción para esta polimerización, ¿creen que es posible fundir este tipo de plástico?
- e. Tomando como ejemplo otros monómeros, propongan un diseño experimental que les permita representar este mismo tipo de polimerización. No olviden realizar todos los pasos descritos en estas páginas.

### Conversemos

Con su grupo de trabajo comenten en torno a las siguientes preguntas:

1. ¿Cumplieron con las normas de seguridad al momento de manipular los reactivos químicos señalados?
2. ¿Observaron detenidamente el procedimiento realizado por su profesor o profesora?
3. ¿Colaboraron en la elaboración de un nuevo diseño experimental?

## DESARROLLO DE CONTENIDOS

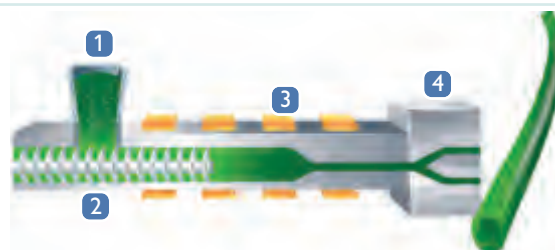
 **Inter@ctividad**

Ingresa a la página [www.educacionmedia.cl/web](http://www.educacionmedia.cl/web) y anota el código 11Q4036. Encontrarás información adicional sobre algunas técnicas utilizadas en la industria de los polímeros. Selecciona dos de los métodos cuyos mecanismos difieran entre sí y elabora un cuadro comparativo.

## 5. Industria de los polímeros

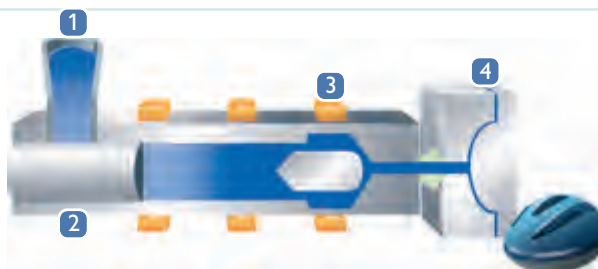
Dependiendo de la estructura química, los polímeros presentan un conjunto de propiedades físicas, como ya mencionamos en la página 25 de esta Unidad, las que a su vez determinan el uso y aplicación del material obtenido. Los polímeros, al estar fundidos, se pueden moldear de distintas formas, obteniéndose materiales de gran utilidad, resistentes y livianos. Algunos métodos utilizados para moldearlos son: **extrusión**, **vaciado** y **conformado por vacío**.

**Extrusión.** En este proceso, un tornillo giratorio transporta los gránulos de plástico a unos calefactores para fundirlos, se forma un líquido espeso y pegajoso que se hace pasar a presión por una boquilla que moldea el plástico fundido, que al enfriarse se endurece. Este proceso se usa para formar tubos y láminas.



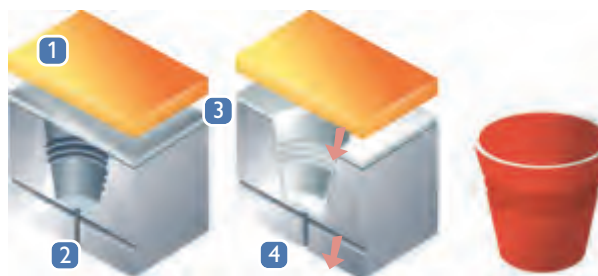
1. Gránulos de plástico.
2. Los gránulos pasan a los calefactores por presión.
3. En los calefactores los gránulos de plástico se funden.
4. Se moldea el plástico fundido.

**Vaciado.** Este proceso, también llamado moldeado, da forma al plástico. Los gránulos entran a la máquina impulsados a presión. Luego, pasan a un calefactor, donde se funden. El plástico líquido es introducido en un molde, que se refrigera para solidificar el plástico. Este proceso se utiliza para fabricar cascos de ciclistas.



1. Gránulos de plástico.
2. Los gránulos se introducen a presión en la máquina.
3. Se funden los gránulos en un calefactor.
4. Luego, la mezcla líquida se moldea y se refrigera para obtener el producto.

**Conformado por vacío.** Este proceso permite dar al plástico formas complicadas. Para ello, una lámina de plástico se coloca bajo un calefactor y sobre el molde, se calienta y luego se extrae de este el aire mediante una bomba de vacío. La lámina se ablanda con el calor y es absorbida por el molde por diferencias de presión. Al enfriarse, el plástico se endurece y toma la forma del molde. Este sistema sirve, por ejemplo, para fabricar los vasos plásticos.



1. Calefactor.
2. Molde.
3. Bajo el calefactor se coloca la lámina de plástico y se calienta.
4. La presión de aire hace que la lámina de plástico sea absorbida, tomando la forma deseada.

En la *Unidad 4* de este texto profundizaremos aún más sobre los procesos industriales implicados en la fabricación de otros materiales.

## 6. Impacto ambiental por la utilización de plásticos


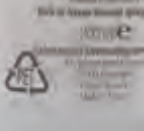










### 6.1. Código de identificación de los polímeros

Con el propósito de conocer los distintos polímeros y favorecer su clasificación, se ha difundido entre los fabricantes un **código de identificación internacional**. El sistema reconoce solamente los seis polímeros más usados, que corresponden a los que se emplean en la fabricación de casi todos los productos conocidos, y son reciclables. Se les identifica con un número dentro de un triángulo con flechas, indicando así que el material es reciclable. En cualquier caso, y dada la versatilidad de estos materiales, es posible encontrar un mismo tipo de polímero con aplicaciones muy diferentes. También vemos distintas variedades de algunos de ellos; por ejemplo, el polietileno de baja densidad y el de alta densidad.

#### Actividad 9

Seleccionar información y clasificar

Averigua en distintas fuentes sobre los seis polímeros más utilizados que se indican en la tabla. Luego, complétala y responde en tu cuaderno.

		Características	Usos
	 PET Polietilentereftalato		
	 PEAD Polietileno de alta densidad		
	 PVC Cloruro de polivinilo		
	 PEBD Polietileno de baja densidad		
	 PP Polipropileno		
	 PS Poliestireno		

1. En tu casa reúne objetos plásticos en uso y desuso. Luego, clasifícalos según los códigos señalados en la tabla.
2. Selecciona dos de los polímeros indicados en la tabla y averigua cuánto tiempo tardan en degradarse.

## 6.2. Degradación de los plásticos

### Reflexionemos

Lee y analiza la siguiente información y, luego, comenta con tus compañeros y compañeras.



Si cada chileno genera diariamente en promedio 1 kg de residuos sólidos en sus hogares. En todo Chile se producirían a diario 15 millones de kg de estos residuos, sobrepasando los 5000 millones de kg por año. Estos desechos se depositan en rellenos sanitarios y vertederos. Las botellas plásticas forman parte de estos residuos y pueden tardar entre 400 y 1000 años en degradarse.

1. ¿Cuál es el impacto medioambiental que puede significar la acumulación de residuos plásticos? ¿por qué?
2. ¿Te preocupas de reciclar los desechos orgánicos e inorgánicos que provienen de tu hogar? Explica.

### Rincón del debate

Comenta esta información con tu grupo de trabajo.

En el mercado podemos encontrar un sinnúmero de productos de origen natural y sintético. Por ejemplo, existen toallas de algodón que son mucho más absorbentes que las de poliéster; sin embargo, estas últimas son más resistentes y duraderas.

Si tuvieran que escoger entre ambos materiales de toallas, ¿cuál elegirían?, ¿por qué? ¿Qué es más importante: el impacto ambiental que puede provocar la utilización de un producto o las ventajas que puede ofrecer determinado material? Fundamenten.

Los polímeros sintéticos son materiales indispensables en la vida cotidiana; los empleamos para mantener calefaccionados nuestros hogares, para hacer más ligeros los automóviles y los computadores, para conservar más frescos nuestros alimentos, en prendas de vestir, entre otros. Sin embargo, la explosiva utilización de estos polímeros ha generado consecuencias negativas para el medioambiente.

Hace aproximadamente cuarenta años, el planeta viene acumulando mil millones de desechos plásticos, lo que ha llevado a que la contaminación por plástico sea una de las más significativas en la actualidad. Se calcula que se producen cerca de ciento cincuenta bolsas plásticas por persona cada año.

Todo esto ha llevado a la elaboración de nuevos materiales: degradables, biodegradables y oxo-biodegradables.

Los **polímeros degradables** son aquellos en cuyo proceso de producción se les agrega un aditivo que acelera la degradación. Este aditivo hace que el plástico pierda sus propiedades físicas; de este modo, la desintegración acelerada no demora más de dos años. Por su parte, los **polímeros biodegradables** están sintetizados a partir de monómeros de  $\alpha$ -glucosa (almidón) extraídos del maíz, y que, al igual que cualquier alimento que arrojamos a la basura, se descompone, como toda materia orgánica, en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , y este proceso no tarda más de ciento veinte días.

Finalmente, los **polímeros oxo-biodegradables** 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 dieciocho meses.



Lectura científica

## Conjugados poliméricos y su utilización como medicinas anticancerígenas

Las últimas estadísticas proporcionadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) nos informan que cada cuatro segundos muere una persona de cáncer en el mundo. Por ello, resulta fundamental desarrollar nuevas y potentes drogas anticancerígenas.

Desde el descubrimiento de la nanociencia y la nanotecnología (campo de las ciencias aplicadas dedicado al control y manipulación de la materia a una escala menor que un micrómetro), el desarrollo de sistemas de transporte y liberación controlada de moléculas con actividad terapéutica en los llamados conjugados poliméricos ha despertado el interés de las grandes compañías farmacéuticas. Se postula, cada vez con más fuerza, que la aplicación de la nanotecnología en la medicina es clave para conseguir mejoras necesarias, tanto en el diagnóstico como en el tratamiento del cáncer.

En la última década se ha observado un crecimiento exponencial, tanto en el desarrollo de estos sistemas como en la aprobación de los mismos, en aplicaciones clínicas. La mayoría son utilizados en terapias anticancerígenas; sin embargo, su aplicación clínica es mucho más amplia, pues han sido descritos como posibles agentes inmunomoduladores antivíricos o fármacos para reconstitución enzimática, entre otros.

Dentro de los conjugados poliméricos se distinguen dos grupos: los polímero-proteína y los polímero-fármaco. Pese a que ambos grupos presentan una gran similitud, el objetivo o razón biológica perseguida en cada caso es diferente, y por tanto, también lo son los parámetros a considerar en su construcción. Mientras que en los conjugados polímero-proteína se persigue favorecer una mayor estabilidad en el suero y una disminución en la inmunogenicidad, en los polímero-fármaco se pretende incidir en la farmacocinética del mecanismo de internalización celular, mejorando así la especificidad celular del fármaco de bajo peso molecular, su mecanismo de internalización y liberación óptima al alcanzar el blanco molecular propuesto.

En consecuencia, con bases bien establecidas y claras posibilidades para futuras mejoras, los conjugados poliméricos pueden ser reconocidos como una nueva efectiva nanoterapia anticancerígena.

**Fuente:** Tamborero, S. y Vicent, M. (2008). *Conjugados poliméricos y su utilización como nanomedicina anticancerígena*. Revista Iberoamericana de Polímeros, 10 (1).

### Trabaja con la información

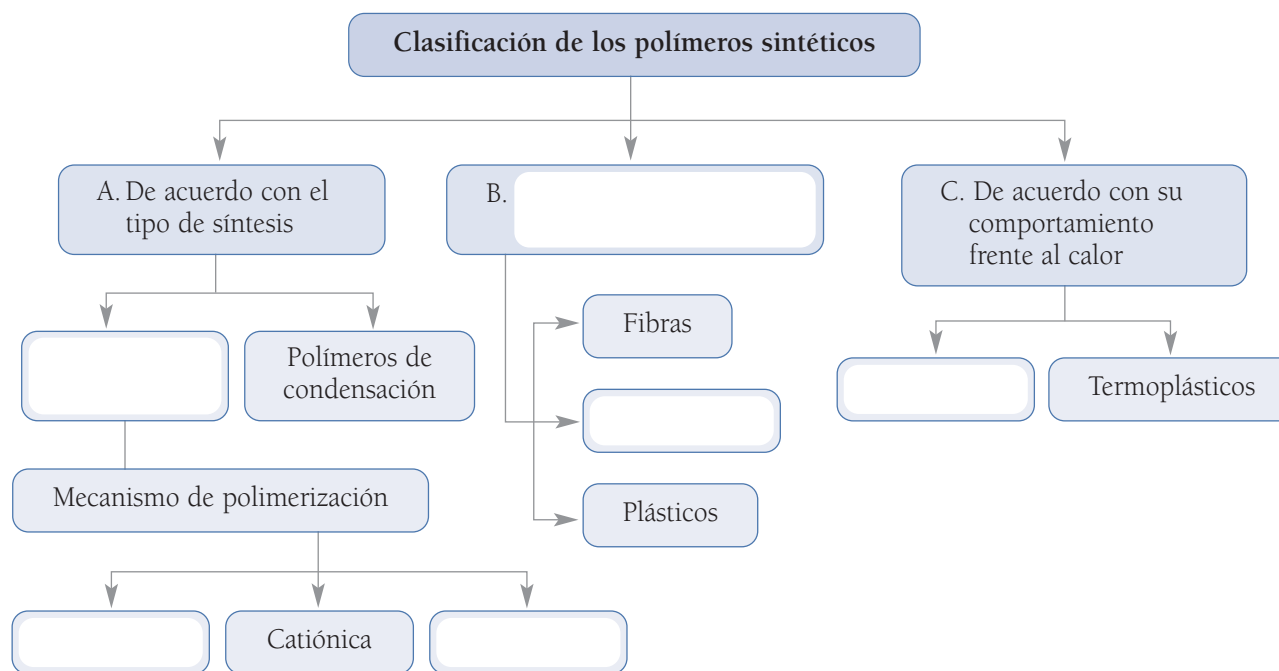
Lee y comenta las siguientes preguntas con tus compañeros y compañeras.

1. ¿Cuáles son las ventajas de la utilización de conjugados poliméricos? Explica.
2. ¿En qué se diferencian los conjugados polímero-proteína de los polímero-fármaco?
3. ¿Cuál es el aporte que la nanociencia y la nanotecnología hacen a la medicina?
4. ¿Crees que la utilización de estos nuevos elementos es una perspectiva viable para la salud y el bienestar de las personas?

## SÍNTESIS - EVALUACIÓN DE PROCESO

## Síntesis del Tema 2

Lee y completa el siguiente esquema que resume los principales conceptos tratados en el Tema 2.



## Evaluación de proceso

**I** Lee las siguientes preguntas y responde en tu cuaderno.

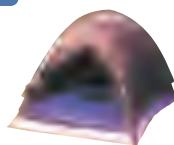
1. ¿Cuáles son las diferencias entre la polimerización por adición y la por condensación? Señala tres (3 puntos).
2. Escoge dos polímeros sintéticos de adición y dos de condensación y construye una tabla que incluya: estructura del monómero, estructura del polímero y su nombre, propiedades físicas y aplicaciones (3 puntos).
3. Señala dos ventajas y dos desventajas que tiene la fabricación de polímeros sintéticos (4 puntos).

**II** Observa las siguientes imágenes que te permitirán responder las preguntas 1, 2 y 3 de la página 41. Las interrogantes 4 y 5 se responden a partir de lo aprendido en este Tema.

A



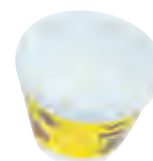
B



C



D



1. Escribe en el recuadro la letra del artículo que corresponde al nombre del polímero del que está hecho (1 punto cada una).

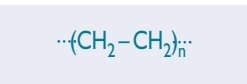
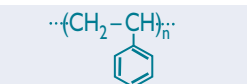
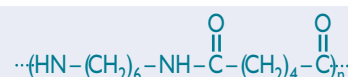
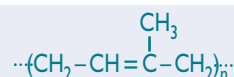
Nailon 66.

Poliisopreno.

Poliestireno.

Polietileno.

2. Escribe la letra del artículo correspondiente a la estructura química del polímero del que está hecho (1 punto cada una).



3. Escribe la letra del artículo que corresponde a la propiedad que presenta el polímero del que está hecho (1 punto cada una).

Fibra resistente y flexible.

Pegajoso y blando en caliente.

Resistente y aislante.

Resistente y termoplástico.

4. El cloruro de polivinilo o PVC se utiliza para fabricar cañerías que remplazan a las de cobre. ¿Por qué? (4 puntos).

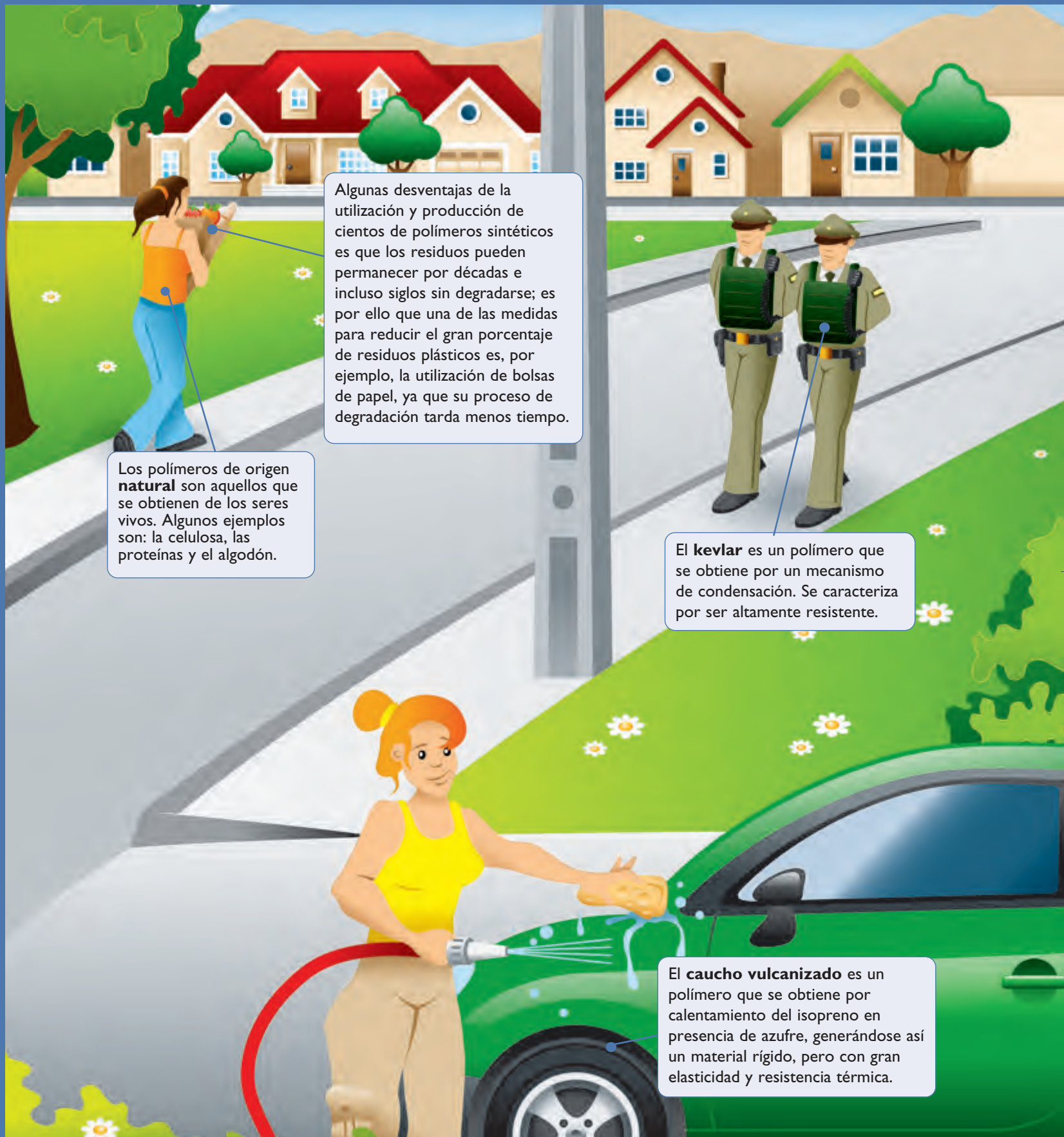
5. El polietileno es un polímero termoplástico. Al polietileno de cadena lineal se le llama PEAD y se utiliza para fabricar recipientes de gran capacidad, como bidones. Al de cadena ramificada se le llama PEBD y es empleado en la fabricación de bolsas plásticas. ¿Por qué tienen diferentes usos? (4 puntos).

### Me evalúo

Completa la tabla. Para estimar tu puntaje, sigue las indicaciones que te señalará tu profesor o profesora.

Debería	Ítem (preguntas)	Puntaje		¿Qué debo hacer?
		Total	Obtenido	
• Reconocer las reacciones de síntesis que dan lugar a los polímeros.	I (1)	3		Según los puntajes logrados, realiza las actividades que te indicará tu profesor o profesora.
• Identificar las propiedades y características de los polímeros de adición y de condensación.	I (2) II (1, 2, 3, 4 y 5)	23		
• Apreciar las ventajas y desventajas de la fabricación de polímeros en el desarrollo de la industria química.	I (3)	4		

## SÍNTESIS DE LA UNIDAD




Algunas desventajas de la utilización y producción de cientos de polímeros sintéticos es que los residuos pueden permanecer por décadas e incluso siglos sin degradarse; es por ello que una de las medidas para reducir el gran porcentaje de residuos plásticos es, por ejemplo, la utilización de bolsas de papel, ya que su proceso de degradación tarda menos tiempo.

Los polímeros de origen **natural** son aquellos que se obtienen de los seres vivos. Algunos ejemplos son: la celulosa, las proteínas y el algodón.

El **kevlar** es un polímero que se obtiene por un mecanismo de condensación. Se caracteriza por ser altamente resistente.

El **caucho vulcanizado** es un polímero que se obtiene por calentamiento del isopreno en presencia de azufre, generándose así un material rígido, pero con gran elasticidad y resistencia térmica.






Los **plásticos**, al igual que las **fibras** y los **elastómeros**, tienen propiedades mecánicas, como la resistencia, la dureza y la elongación.

Los **polímeros sintéticos** se obtienen a través de procesos químicos en laboratorios o en la industria química a partir de sus monómeros. Pueden clasificarse, según su mecanismo de polimerización, en polímeros de condensación o de adición.

Los polímeros **termoestables** se caracterizan por ser materiales rígidos, en un amplio rango de temperatura, además son frágiles y con cierta resistencia térmica. En cambio, los **termoplásticos** son rígidos a temperatura ambiente, pero se vuelven blandos y moldeables al elevar la temperatura. Se pueden fundir y moldear varias veces.



El **teflón** es un polímero termoplástico con propiedades antiadherentes. Se obtiene por un mecanismo de adición.

### Trabaja con la información

A partir de lo aprendido en esta Unidad y lo representado en la ilustración, lee y responde las siguientes preguntas en tu cuaderno.

1. Según la estructura y composición de sus cadenas, ¿cómo se clasifican los polímeros?
2. ¿En qué se diferencia la polimerización por condensación de una por adición?
3. ¿Por qué las bolsas plásticas son fabricadas con polietileno?, ¿qué propiedades presenta este polímero?
4. ¿Qué polímero seleccionarían para la fabricación de potes plásticos de cocina? ¿Por qué?
5. ¿Cuál es la diferencia entre el caucho natural y el sintético? ¿En qué consiste el proceso de vulcanización?

## QUÍMICA EN LA HISTORIA



**Charles Goodyear**  
(1800-1860)

Inventor y comerciante estadounidense, no asistió a la universidad; sin embargo, su gusto por investigar lo llevó en 1839 a mezclar accidentalmente azufre y caucho natural en una estufa caliente, y de este modo obtener un material que no se fundía ni se ponía pegajoso al calentarlo. Bautizó a este nuevo material con el nombre de caucho vulcanizado, en honor a Vulcano, dios del fuego. Años más tarde, y debido a su precaria situación económica, tuvo que vender su descubrimiento a una compañía liderada por Frank Seiberling.



**Leo Baekeland**  
(1863-1944)

Químico estadounidense de origen belga. En 1907 descubrió, de manera accidental, una sustancia plástica con propiedades muy diferentes a las ya conocidas, a la que bautizó como baquelita. Este polímero fue el primero de una serie de resinas sintéticas que llegaron a revolucionar la economía mundial, dando inicio a la “era del plástico”. Gracias al éxito de la baquelita, Baekeland se convirtió en multimillonario, y en el año 1940 recibió la Medalla Franklin.



**Hermann Staudinger**  
(1881-1965)

Químico y profesor universitario alemán. Se dedicó al estudio de los polímeros. En el año 1922 publicó un artículo en el que utilizó por primera vez el término macromolécula, sentando las bases de la polimerización.

En 1926 expone su hipótesis respecto de que los polímeros corresponden a cadenas de pequeñas unidades enlazadas por enlaces covalentes. Recibió el Premio Nobel de Química en 1953 por sus descubrimientos y aportes en el campo de la química macromolecular.





**Karl Ziegler**  
(1898-1973)

Químico y profesor alemán. Se dedicó al estudio de las reacciones entre algunos compuestos organometálicos, especialmente el butadieno y el litio. Descubrió que los compuestos de aluminio se comportan de manera similar al etileno. Como resultado de este hallazgo, en 1953 se sintetizó el polietileno.

En 1963 recibió y compartió el Premio Nobel de Química con el italiano Giulio Natta por sus investigaciones en el campo de la tecnología y química de los polímeros.



**Giulio Natta**  
(1903-1979)

Químico y profesor italiano. Sus primeros estudios se centraron en la creación de nuevos métodos de síntesis de metanol, permitiéndole de este modo conocer el mecanismo de estas reacciones y así mejorar la selectividad de los catalizadores. Sin embargo, a partir de la década de 1950 se dedicó casi de manera exclusiva a la química de polímeros de alto peso molecular, lo que lo condujo a la obtención de un material termoplástico: el polipropileno isotáctico, que fue preparado industrialmente por primera vez en 1957. También contribuyó al conocimiento sobre los mecanismos de acción de catalizadores estereoespecíficos y de polímeros de estructura espacial regular.



**Stephanie Kwolek**  
(1923-)

Química nacida en New Kensington, Pensilvania. Recién graduada de la universidad, ingresó a la compañía científica DuPont. Su primer trabajo fue la obtención de un precursor para la preparación de polímeros de condensación, promoviendo la síntesis de nuevos polímeros, incluyendo la película de poliamida DuPont Kapton. Se dedicó al estudio de compuestos de alto rendimiento, lo que la condujo en 1966 al descubrimiento de un material sintético muy resistente y a la vez ligero, cinco veces más fuerte que el acero: el kevlar, polímero altamente cristalino utilizado en la fabricación de chalecos antibalas. Kwolek fue premiada, en 1966, con la Medalla Nacional de Tecnología y, en 2003, fue admitida en el Salón Nacional de la Fama de las Mujeres por su capacidad creativa e inventiva.

### Trabaja con la información

Lee las siguientes preguntas y comenta con tu curso.

1. ¿Qué opinas sobre el aporte realizado por Charles Goodyear?, ¿qué piensas sobre el valor de la perseverancia manifestado por este personaje?
2. ¿Qué consecuencias tuvo el descubrimiento del caucho vulcanizado? Explica.
3. ¿Cuál es la importancia práctica del descubrimiento del kevlar?
4. ¿Qué importancia les atribuyes a los descubrimientos de cada uno de estos personajes?
5. ¿Cuál de los personajes señalados en la página te llama más la atención?, ¿por qué?

## EVALUACIÓN FINAL

## I Lee las siguientes preguntas y selecciona la alternativa correcta.

- La forma comercial del polipropileno (PP) isotáctico, se caracteriza por:
  - su unidad monomérica es el isopreno (2-metil-1,3-butadieno).
  - provenir de la polimerización entre el propileno y el eteno.
  - sus grupos metilo se ubican a lo largo de la cadena en forma aleatoria.
  - todos los grupos metilo se ordenan al mismo lado de la cadena.
  - ser un polímero de condensación.
- Uno de los plásticos más conocidos a nivel mundial es el polietileno, debido a su amplia utilización en la vida diaria. Respecto de él es **correcto** afirmar que se trata de un:
  - derivado del acetileno.
  - plástico sintetizado a partir del fenol.
  - polímero sintético producido por unidades repetidas de etileno (eteno).
  - biopolímero constituido por monómeros de etilenglicol.
  - polímero natural formado a partir del etileno (eteno).
- Las fibras de poliamidas son utilizadas como cuerdas de alta resistencia a la tensión, debido a que estas presentan la propiedad de:
  - ser moldeables.
  - no conducir electricidad.
  - ser químicamente inertes.
  - no deformarse fácilmente.
  - alargarse sin romperse.
- En la reacción de polimerización por adición catiónica, la etapa de iniciación se caracteriza por la formación de un:
  - carbonilo.
  - electrófilo.
  - nucleófilo.
  - carbanión.
  - carbocatión.
- El nylon 610 es una poliamida que se obtiene a partir de la unión de la 1,6-hexanodiamina con un diácido. ¿Cuál de las siguientes alternativas corresponde al diácido en cuestión?
 
$$\left[ \text{HN} - (\text{CH}_2)_6 - \text{HN} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - (\text{CH}_2)_8 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} \right]_n$$
  - ácido succínico (ácido butanodioico).
  - ácido adípico (ácido hexanodioico).
  - ácido pimélico (ácido heptanodioico).
  - ácido subérico (ácido octanodioico).
  - ácido sebácico (ácido decanodioico).
- ¿Cuál de las siguientes aseveraciones es **correcta** respecto de la finalidad de las reacciones de entrecruzamiento de los polímeros sintéticos?
  - Mayor rigidez.
  - Menor elasticidad.
  - Menor flexibilidad.
  - Menor peso molecular.
  - Mayor peso molecular.
- ¿Cuál de las siguientes alternativas corresponde a las etapas de la polimerización radicalaria en forma secuencial?
  - Iniciación – propagación – terminación.
  - Iniciación – purificación – propagación.
  - Iniciación – eliminación – propagación.
  - Iniciación – condensación – terminación.
  - Iniciación – propagación – purificación.
- ¿Cuáles de los siguientes polímeros se obtienen a partir de una reacción de adición?
 

I. Polipropileno.	III. Poliestireno.
II. Cloruro de vinilo.	IV. Baquelita.

  - Solo I
  - Solo II
  - I y II
  - I, II y III
  - I, II y IV

**II Observa y analiza.**

1. El cuadro muestra la relación estructura-propiedad de los polímeros. Lee la información y, luego, responde las preguntas en tu cuaderno.

Estructura	Propiedad
Cadenas lineales	Alta flexibilidad (baja dureza)
Cadenas entrecruzadas	Alta rigidez (quebradizo)
Fuertes uniones intermoleculares entre cadenas	Alta resistencia Alto punto de fusión
Débiles uniones intermoleculares entre cadenas	Baja resistencia Bajo punto de fusión

- a. Las fibras como el kevlar y el nylon tienen más resistencia que dureza, casi no se deforman cuando se las somete a tensión y, en muchas ocasiones, pueden llegar a poseer una mayor resistencia a la tensión que un filamento de acero de características similares. ¿Por qué?
- b. Para fabricar un artefacto que sea resistente, que absorba el impacto deformándose para luego volver a su forma original (resistencia a la tracción), puede utilizarse el caucho, en ningún caso la baquelita. ¿Por qué?
- c. ¿Qué estructura y propiedad presentan el polietileno y el policarbonato si ambos pueden soportar una gran tensión, pero no demasiada elongación?

2. Lee e interpreta la información que aparece en la tabla y, luego, responde en tu cuaderno.

**Tabla 2:** Propiedades físicas del polietileno según su grado de cristalinidad

Polietileno	Baja densidad (55% de cristalinidad)	Alta densidad (85% de cristalinidad)
Densidad ( $\text{g cm}^{-3}$ )	0,93	0,96
Rango de fusión ( $^{\circ}\text{C}$ )	100-110	133-135
Tensión ( $\text{N cm}^{-2}$ )	1	6,6

Fuente: Handbook of Chemistry and Physics. 84<sup>th</sup> edition (2003-2004).

- a. ¿Cómo se relaciona el grado de cristalinidad con las demás propiedades de la tabla? Explica.
- b. ¿Qué relación existe entre las propiedades del polietileno de alta y de baja densidad y sus usos y aplicaciones? Explica.

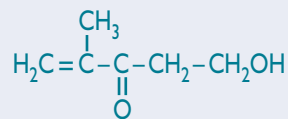
## EVALUACIÓN FINAL

## III Lee y aplica.

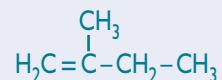
1. Si tuvieras que fabricar lentes de contacto y dispusieras de los monómeros que aparecen a continuación, ¿cuál elegirías? Fundamenta tu elección.



a.



b.



2. El nailon 66 es utilizado en la fabricación de pantimedias. El nombre de este polímero se debe a que posee seis átomos de carbono en cada uno de sus monómeros. Un polímero más resistente y con un punto de fusión más alto que el nailon 66 se obtiene por la polimerización de 1,4-diaminobutano y el ácido 1,6 -hexanodioico.
- Escribe la estructura de este nuevo nailon.
  - ¿Qué diferencias en cuanto a sus propiedades presentaría en relación con el nailon 66 (página 30)? Explica.
  - ¿Cuál sería el nombre de este nuevo polímero?, ¿por qué?
3. Elabora una tabla que incluya la siguiente información: los seis tipos de polímeros más empleados, su código de identificación, usos de estos polímeros y dos características de cada uno. Señala tres ventajas y tres desventajas de la utilización de polímeros sintéticos para el medioambiente.

## Lo que ahora sé

Te invitamos a que vuelvas a contestar en tu cuaderno las preguntas de la sección *Lo que sé*, de la página 10. Luego, compara tus respuestas iniciales con las señaladas en esta instancia. Además, responde las preguntas que planteaste en la sección *Lo que me gustaría saber*.

- ¿Qué contenidos de la Unidad te resultaron más difíciles de aprender?, ¿a qué crees que se debe?
- Con respecto a tu respuesta anterior, ¿cómo te hubiera resultado más fácil aprenderlos?
- ¿Cuáles fueron los contenidos que aprendiste con mayor facilidad?, ¿a qué lo atribuyes?
- ¿Cuál fue la técnica más utilizada para aprender los contenidos de esta Unidad?

# Proyecto científico

Unidad  
**1**

## Reciclaje de residuos plásticos

### Antecedentes

Tomando en cuenta que los seres humanos son los únicos responsables de la gran cantidad de residuos plásticos que se originan en nuestro planeta, cada uno de nosotros debe hacer el intento por remediar esta situación y de este modo reducir el porcentaje de desechos plásticos que se eliminan anualmente. Para ello, algunas personas han ideado la estrategia llamada las 3-R, que consiste en:



- **reducir** la cantidad de residuos que generamos en la casa, en el colegio o en el trabajo.
- **reutilizar** aquellos residuos que puedan ser usados nuevamente en su forma original.
- **reciclar** implica utilizar el residuo como materia prima para ser transformado en otro producto.

### 1. Objetivo

- El propósito general de este proyecto es que ideen y apliquen estrategias o técnicas de reciclaje de residuos plásticos al interior de sus colegios. Enuncien de manera clara y precisa los objetivos específicos del proyecto.

### 2. Planificación

Para la planificación de sus proyectos, pueden realizar previamente las siguientes acciones.

- Analicen en sus propias casas la cantidad de basura plástica que se elimina diariamente. ¿A qué porcentaje del total de basura corresponde aproximadamente?
- Inspeccionen los basureros de su colegio al término de la jornada escolar y hagan una estimación del porcentaje de basura plástica que hay en ellos.
- Visiten un local de comida rápida y sorpréndanse de la enorme cantidad de basura plástica que se elimina.
- Averigüen cuál es el destino de la basura plástica en su municipio.
- Organícense en grupos de trabajo y seleccionen información en diferentes fuentes sobre el reciclaje y en relación a algunas técnicas que podrían implementar en sus colegios.
- Propongan una campaña de reciclaje y definan las etapas que considerarán en ella.

### 3. Ejecución

- Una vez planificadas y definidas las etapas del proyecto, realicen la experiencia. Sean rigurosos al momento de llevar a cabo el proyecto y analicen aquellos factores que no contemplaron inicialmente en el diseño del proyecto y que influyeron en sus resultados.

### 4. Evaluación y análisis

- Evalúen su trabajo mediante la pauta que les indicará su profesor o profesora, e identifiquen las dificultades que tuvieron tanto en la planificación como en la ejecución de las etapas y las acciones que emplearon para resolverlas.

### 5. Proyección

- A partir de los resultados obtenidos, ¿de qué manera podrían reducir la cantidad de basura plástica proveniente de sus hogares?



# Unidad 2

## Polímeros naturales

En la naturaleza podemos encontrar una gran variedad de sustancias fundamentales que hacen posible nuestra vida o la facilitan: alimentos de origen vegetal y animal, madera y algodón. Asimismo, distintas partes de nuestro cuerpo, como el pelo, las uñas, las células e incluso nuestro material genético, están constituidas por estas sustancias, las que permiten el funcionamiento de nuestro organismo.

Aparentemente, no existe relación entre ellas, pero sí la hay desde un punto de vista químico; la gran mayoría de estas estructuras está constituida por macromoléculas o polímeros.



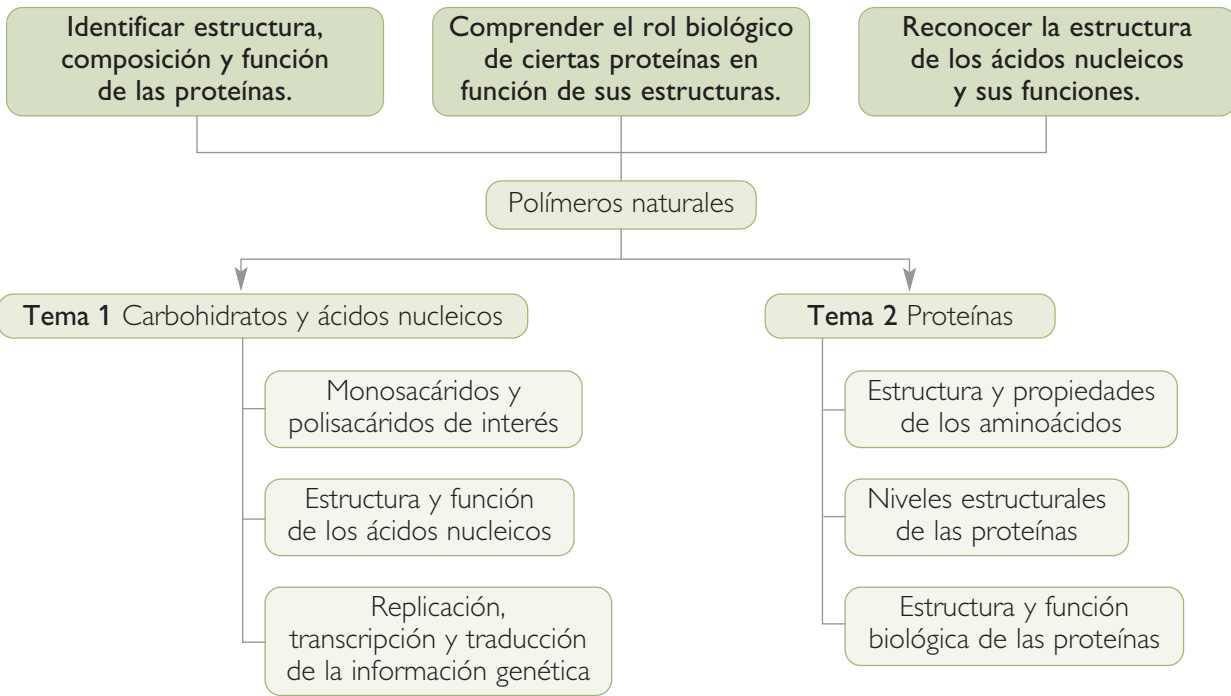
### Lo que sé

Lee y comenta las siguientes preguntas con tus compañeros y compañeras.

1. Piensa en la estructura interna de tu pelo: ¿cómo te la imaginas?, ¿será similar a la de la madera?, ¿por qué?
2. ¿Crees que exista relación, desde el punto de vista químico, entre el algodón, las papas, los tallarines y la carne? Explica.
3. ¿Qué macromoléculas o polímeros piensas que se encuentran en mayor abundancia en la naturaleza?, ¿qué importancia tienen para los seres vivos? Fundamenta.



## Lo que aprenderé



## Conversemos

Lee la siguiente información y, luego, comenta las preguntas con tus compañeros y compañeras.

La ingeniería genética se dedica a la manipulación y modificación del material genético. En humanos las finalidades son variables: van desde el tratamiento de enfermedades hasta fines exclusivamente experimentales. Para poder llevar a cabo estas técnicas, fue necesario conocer la secuencia completa del ADN del ser humano. El Proyecto Genoma Humano, que se inició en 1989 y concluyó en 2001, permitió develar los códigos que contiene el cromosoma humano, secuenciando la información que transmite cada gen. Este hecho ha generado algunas controversias, como lo es la privacidad de esta información y su utilización como herramienta discriminatoria, al conocerse de antemano las potencialidades de una persona o las susceptibilidades a ciertas enfermedades.



1. ¿Qué opinas sobre poder elegir, por ejemplo, los rasgos físicos de tus hijos o guiarte por la genética a la hora de escoger una pareja? Fundamenta.
2. Imagina que las empresas tuvieran acceso al código genético de cada persona. ¿Qué crees que sucedería?, ¿estarías de acuerdo o en desacuerdo?, ¿por qué?
3. ¿Cuál sería tu postura si en la legislación se estableciera como normativa la prohibición de toda manipulación genética, exceptuando aquellas que apuntan a fines terapéuticos?

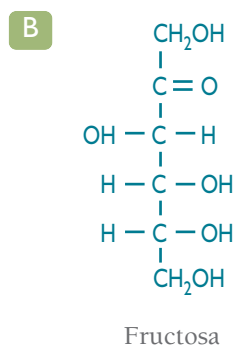
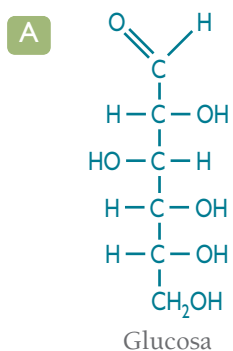
## EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA

**I** Observa las fotografías y en tu cuaderno responde las siguientes preguntas.



1. ¿Qué biopolímero se presenta en mayor proporción en cada uno de estos alimentos: carbohidratos o proteínas?
2. Señala dos características y una función biológica de cada uno de estos polímeros.

**II** Observa las siguientes moléculas y, luego, responde por escrito.



1. ¿Qué similitudes existen entre estas moléculas? Explica.
2. ¿Qué diferencias hay entre ellas? Explica.
3. ¿Crees que estas moléculas son solubles en agua?, ¿por qué?
4. ¿Qué molécula se forma al unir la glucosa con la fructosa?, ¿qué molécula se elimina a partir de esta reacción química?

**III** Completa la siguiente tabla.

Biopolímero	Unidad básica que lo conforma	Alimento en el que está presente	Función en el organismo
Proteínas			
Polisacáridos			
ADN			
ARN			

#### IV Lee la siguiente información y, luego, responde las preguntas por escrito.

Determinada Asociación de Consumidores y Usuarios, luego de realizar diversos estudios, detectó en el mercado la presencia de quesos adulterados con almidón. Después de tomar varias muestras de quesos mantecosos en diferentes puntos de venta, los análisis de laboratorio revelaron que muchos de los productos en cuestión estaban adulterados con la citada sustancia vegetal.

La norma establece que el queso debe ser preparado solo a partir de leche pasteurizada y cuajada con cultivos lácticos. La grasa y las proteínas lácteas de los quesos no podrán ser sustituidas por elementos de origen no lácteo.

1. ¿De qué manera podrías comprobar que a los quesos adulterados se les agregó almidón?
2. Formula un problema científico y una hipótesis.
3. Propón un diseño experimental para comprobar la presencia de este carbohidrato en los quesos. Señala los materiales y el procedimiento a realizar.

#### V Observa y analiza los siguientes gráficos. Luego, responde las preguntas.

Gráfico N° 1: Efecto de la temperatura en la actividad de la amilasa salival.

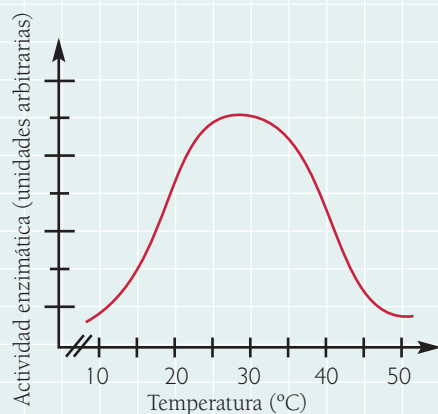
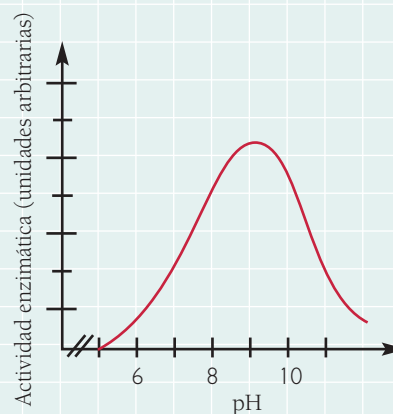


Gráfico N° 2: Efecto del pH en la actividad de la tripsina.



1. ¿Qué son las enzimas?, ¿cuál es su función en el organismo?
2. ¿Qué efectos producen la temperatura y el pH sobre la actividad enzimática? Explica.

### Lo que me gustaría saber

A partir de la sección *Lo que aprenderé*, de la página 51, y de tus conocimientos e inquietudes, te invitamos a escribir en tu cuaderno cuatro o cinco preguntas cuyas respuestas te gustaría encontrar en esta Unidad.

Por ejemplo:

1. ¿Qué importancia tienen para los seres vivos las proteínas?
2. ¿Qué semejanzas y diferencias podemos establecer entre una proteína y un carbohidrato?

# Carbohidratos y ácidos nucleicos

## Actividad exploratoria

### ¿Qué diferencia estructural hay entre las moléculas que constituyen los polímeros quitina, celulosa y almidón?

#### A. Antecedentes

La quitina, la celulosa y el almidón son polisacáridos. Pese a que la estructura de estos polímeros está constituida por los mismos elementos químicos, presentan diferencias en sus propiedades físicas; por ejemplo, la quitina es más rígida que la celulosa, y esta última, a su vez, es más dura que el almidón.

#### B. Hipótesis

Formula una hipótesis a la pregunta inicial planteada.

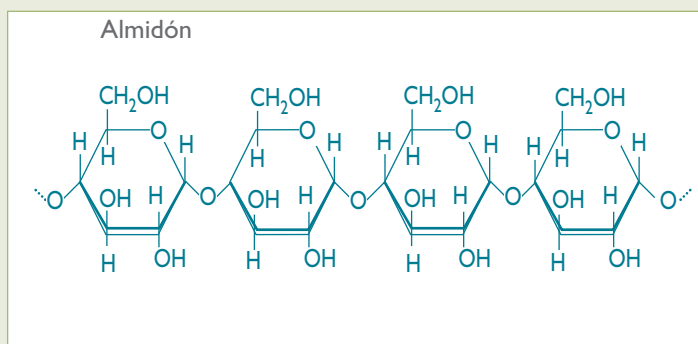
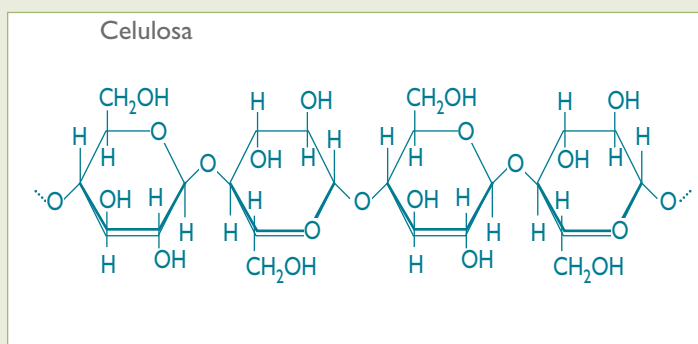
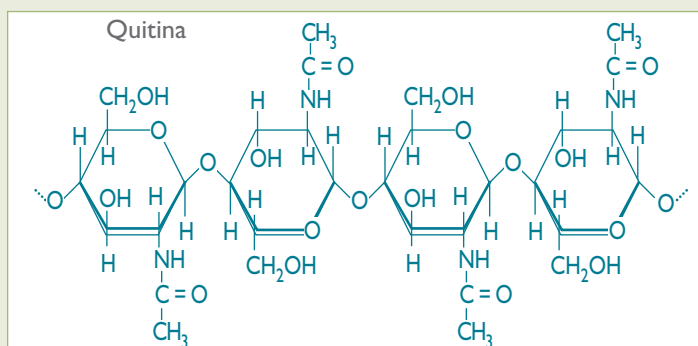
#### C. Procedimiento

Reúnanse en parejas y observen las representaciones moleculares de la quitina, la celulosa y del almidón.

#### D. Análisis y conclusiones

Lean y respondan en sus cuadernos.

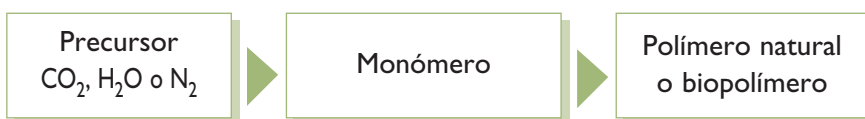
1. ¿Cuál es la unidad fundamental que se repite en cada uno de los tres polisacáridos? Expliquen.
2. El almidón es un polímero de reserva de energía; la celulosa y la quitina son los constituyentes de estructuras vegetales y del caparazón de insectos, respectivamente. ¿Qué diferencias hay en la forma en que están unidas las unidades elementales?
3. ¿Qué similitud encuentran en las estructuras que estarían dando cuenta de la firmeza del caparazón de un insecto o de la corteza de los árboles en comparación con la blandura de la harina de papa? Fíjense en las uniones entre las cadenas de unidades. ¿Serán algunas uniones más fuertes que otras? Expliquen.
4. ¿Qué harían para transformar la celulosa en glucosa?



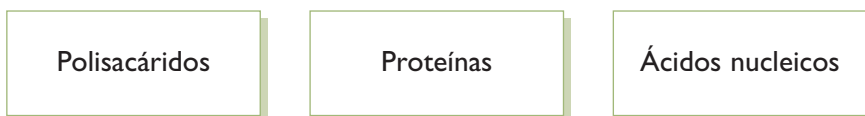
## 1. Polímeros de interés biológico

La mayor parte de la materia orgánica está formada por moléculas complejas de gran tamaño. Estas macromoléculas se encuentran presentes en todos los organismos, desde aquellos más simples, como las bacterias, hasta los más complejos, como los animales y las plantas superiores. En la *Actividad exploratoria* pudiste observar que a pesar de su aspecto tan distinto, el caparazón de un insecto, las hojas y tallos de plantas y los tubérculos de papa están formados por las mismas unidades monoméricas. Sin embargo, estos **monómeros** se enlazan de manera distinta. Los organismos “fabrican” estas 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 ( $\text{N}_2$ ).

Estas moléculas simples, conocidas como **precursores**, generan, a su vez, moléculas de mayor masa molecular, llamadas monómeros, los que se unen entre sí, formando largas cadenas, originando de este modo, la enorme diversidad de **biopolímeros** o polímeros naturales existentes.



De acuerdo con el tipo de unidad estructural que los integra, los biopolímeros que constituyen la materia viva corresponden básicamente a tres grandes categorías:



La masa molecular de los polisacáridos, de las proteínas y de los ácidos nucleicos está comprendida entre  $10^3$  y  $10^9$  unidades de masa atómica (u). Este amplio rango se asocia con la enorme variedad de biopolímeros existentes. Cada uno de estos tipos de macromoléculas cumple un rol biológico específico.

### Actividad 1

#### Seleccionar información y comparar

Busca, en distintas fuentes, información sobre los elementos químicos que forma parte de los polisacáridos, las proteínas y de los ácidos nucleicos, y sobre sus funciones en el organismo. Compara y responde.

1. ¿Qué semejanzas hay entre estos tres polímeros en cuanto a los elementos químicos que los conforman?, ¿qué diferencias?
2. ¿Qué funciones desempeñan los polisacáridos, las proteínas y los ácidos nucleicos en nuestro organismo? Señala dos en cada caso.

## 2. Carbohidratos

### Actividad 2

#### Interpretar datos y seleccionar información

En la tabla se muestra el poder edulcorante de algunas sustancias naturales (azúcares) y de una artificial (sacarina). Analiza la información y, luego, responde en tu cuaderno.

Tabla N° 1: Poder edulcorante de algunas sustancias.

Edulcorante	Poder edulcorante	Alimentos en los que está presente
Fructosa	1,1-1,3	Frutas
Sacarosa	1	Azúcar de mesa y frutas
Glucosa	0,70	Frutas
Sacarina	3	Edulcorantes artificiales
Lactosa	0,25	Lácteos

Fuente: Archivo Editorial.

1. ¿Cuál es el compuesto más dulce? Fundamenta tu respuesta.
2. Averigua por qué en algunos alimentos utilizan fructosa como endulzante.

Debido al sabor dulce que tienen algunos monosacáridos y disacáridos, se les suele llamar azúcares. El azúcar más común que usamos en la casa es un disacárido denominado sacarosa.

### 2.1. Composición de los carbohidratos

Los **carbohidratos** también denominados glúcidos o hidratos de carbono, están formados por carbono, hidrógeno y oxígeno. La **glucosa**, cuya fórmula molecular es  $C_6H_{12}O_6$ , fue el primer carbohidrato obtenido de manera pura. En principio se pensó que eran carbonos hidratados ( $C(H_2O)$ ), ya que su relación mínima de átomos es de 1:2:1 (C:H:O), razón por la cual se les denominó hidratos de carbono o carbohidratos. Sin embargo, esta idea se abandonó pronto, pero esta denominación se ha mantenido.

Según el número de monómeros, los carbohidratos se clasifican en:



**Monosacáridos:** tienen una sola unidad monomérica, como la glucosa y la fructosa.



**Disacáridos:** tienen dos unidades, como la maltosa.



**Polisacáridos:** tienen cientos y miles de unidades, como el almidón, el glucógeno y la celulosa.

## 2.2. Estructura de los monosacáridos y disacáridos

### A. Monosacáridos

Los monosacáridos son las unidades elementales de los carbohidratos y, desde el punto de vista químico, todos tienen en su estructura el grupo hidroxilo ( $-\text{OH}$ ) y el grupo carbonilo ( $-\text{C}=\text{O}$ ). Este último puede estar en forma de aldehído ( $-\text{CHO}$ ) o de cetona ( $-\text{CO}-$ ), existiendo así **aldosas** y **cetosas**, respectivamente.

De acuerdo con el número de carbonos, los monosacáridos pueden clasificarse en **triosas** (tres), **tetrosas** (cuatro), **pentosas** (cinco), **hexosas** (seis), y así sucesivamente.

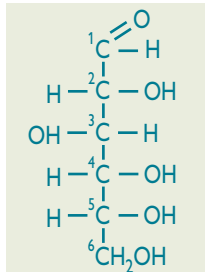
### Inter@ctividad

Ingresa a la página [www.educacionmedia.cl/web](http://www.educacionmedia.cl/web) y anota el código 11Q4057. Observa las animaciones que muestran cómo se cicla la glucosa y cómo se forma un disacárido. Además, encontrarás información sobre los principales carbohidratos. Construye un mapa conceptual que resuma lo expuesto en la página.

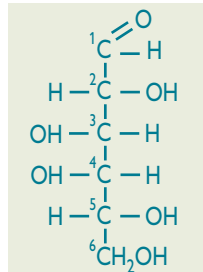
### Actividad 3

### Comparar y clasificar

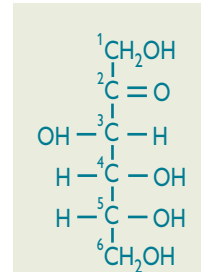
Observa las imágenes y, luego, responde.



Glucosa



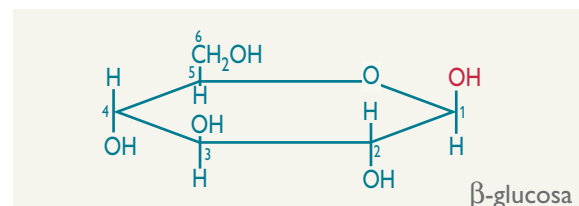
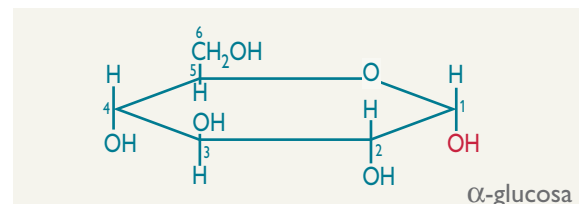
Galactosa



Fructosa

1. Clasifica estos tres carbohidratos en aldosas y cetosas.
2. ¿Qué diferencia y semejanza hay entre estas tres moléculas? Explica.

La estructura de los monosacáridos puede representarse mediante cadenas abiertas o cerradas. Las cadenas cerradas se forman debido a la reacción entre el grupo carbonilo y uno de los grupos hidroxilo. La glucosa se cicla originando así un **anillo heterociclo hexagonal**. Producto de esta ciclación se pueden generar dos estructuras de glucosa distintas. Observa las imágenes de la derecha, de  $\alpha$ -glucosa y  $\beta$ -glucosa, y compáralas.



¿Qué diferencias existen entre ambas conformaciones para la glucosa?

### B. Disacáridos

La unión de dos monosacáridos da origen a un disacárido. En la mayoría de los casos, la reacción ocurre entre el hidroxilo de un monosacárido y el hidroxilo del otro. El nuevo enlace que se origina entre ambos monosacáridos se llama **enlace glucosídico**. Este enlace se forma debido a que un átomo de oxígeno sirve de puente entre las dos unidades monoméricas.



## 2.3. Formación de polisacáridos de glucosa

### Actividad 4

### Construir

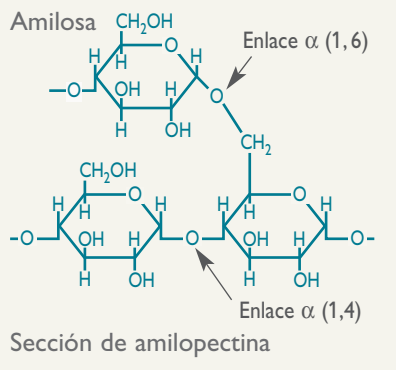
Construye el modelo cíclico de la glucosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) utilizando esferas de plumavit. Ocupa distintos tamaños y colores para cada átomo. Une las esferas entre sí con palos de fósforos o mondadientes. Haz dos modelos y elimina los átomos que sea necesario para unir ambas moléculas de glucosa mediante un enlace glucosídico. Luego, responde las preguntas en tu cuaderno.

1. ¿Qué ocurre cuando la molécula de glucosa se cicla?, ¿se produce liberación de alguna molécula o es simplemente una reacción de adición? Explica.
2. ¿Crees que existe alguna diferencia si se utiliza la forma  $\alpha$  o  $\beta$ , de la glucosa?, ¿por qué?
3. Averigua, en distintas fuentes, qué disacárido se origina al unir una molécula de glucosa con una de fructosa; y al unir dos moléculas de glucosa. Señala las características estructurales de cada disacárido que se forma e indica dónde los podemos encontrar.

Cuando se unen más de diez monosacáridos hablamos de **polisacáridos**, los que pueden llegar a contener hasta 90 000 unidades. En la naturaleza, el **almidón** y la **celulosa** son los polisacáridos más abundantes y comunes. Ambos son polímeros de glucosa.

### A. Almidón

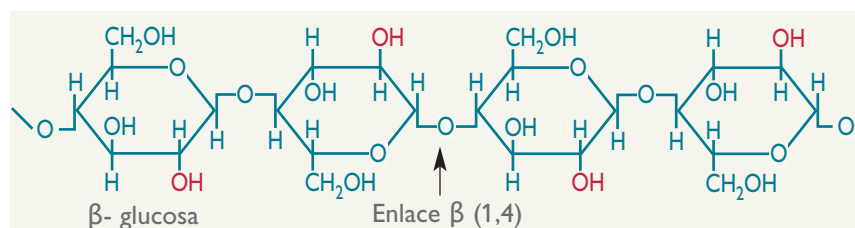
El almidón es un polisacárido de reserva producido por los vegetales a partir del  $CO_2$  que incorporan desde el aire y del  $H_2O$  que obtienen del suelo. Está formado por dos polímeros: **amilopectina** y **amilosa**, en distintas proporciones. La amilopectina es un polímero ramificado constituido por 1000 o más moléculas de  $\alpha$ -glucosa, unidas por enlace  $\alpha$  (1,4) y  $\alpha$  (1,6); en tanto, la amilosa es un polímero lineal formado por 300 o más moléculas de  $\alpha$ -glucosa, unidas solo por enlace  $\alpha$  (1,4) (ver imagen).



La celulosa es la materia prima del papel.

### B. Celulosa

La celulosa es un polímero presente en todos los vegetales. Está formado por miles de unidades de  $\beta$ -glucosa enlazadas por uniones 1,4- $\beta$ -glucosídicas. Las diferentes moléculas de celulosa interactúan a través de puentes de hidrógeno, originando así una gran estructura, que otorga resistencia y rigidez a los vegetales. Las hojas, la corteza de los árboles y el algodón corresponden en gran medida a celulosa. Este polímero es utilizado también en la fabricación de papel.



## TALLER CIENTÍFICO

## Reconocimiento de azúcares

**A. Observación**

Los monosacáridos que presentan en su estructura molecular un grupo aldehído tienen poder reductor (actúan como dadores de electrones). Se oxidan fácilmente para originar el ácido carboxílico correspondiente. Los que tienen un grupo cetona no se oxidan con facilidad. Es posible evidenciar este poder reductor 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  $\text{Cu}^{2+}$  y que, por lo tanto, el azúcar analizado actúa como reductor. Si bien existen disacáridos que también presentan este poder reductor, hay otros que no, como es el caso de la sacarosa. Este disacárido al hidrolizarse se descompone en los monosacáridos que lo forman.

**B. Planteamiento del problema**

A partir de los antecedentes planteados en la observación, propón una pregunta de investigación, la que será respondida a través de la ejecución del diseño experimental. Guíate por el siguiente ejemplo de problema: ¿Qué relación hay entre el poder reductor de la sacarosa y la hidrólisis de esta?

**C. Hipótesis**

Reúnanse en grupos de tres integrantes y, una vez definido el problema de investigación, identifiquen las variables involucradas, según corresponda (dependiente e independiente). Luego, planteen una hipótesis. Recuerden que la hipótesis es una posible respuesta al problema de investigación y debe ser redactada como una afirmación.

**D. Diseño experimental**

Esta etapa corresponde a la formulación del plan de trabajo que realizarán para validar o rechazar la hipótesis. Deben considerar los materiales que necesitarán y el procedimiento a realizar. Además, es importante incluir la forma en que serán registrados los resultados (tablas, gráficos, esquemas u otros), para su posterior análisis.

**E. Análisis y conclusiones**

Esta etapa tiene como finalidad interpretar y analizar los resultados obtenidos, para así dar respuesta a la o las preguntas formuladas que dieron origen a la hipótesis y, de este modo, verificar la validez de esta. Tengan presente que toda hipótesis, aun cuando se deba replantear, es una instancia de aprendizaje.

**Tips**

El licor de Fehling (solución del sulfato de cobre (II), color azul) es un reactivo que se utiliza en el reconocimiento de azúcares reductores. Al producirse la reacción de óxido-reducción, la disolución se vuelve de una coloración rojiza, debido al óxido de cobre (I) formado.

**Conversemos**

Comenten con sus compañeros y compañeras en torno a las siguientes preguntas.

1. ¿Participaron colaborativamente en el planteamiento y desarrollo de cada etapa?
2. ¿Cumplieron con las tareas asignadas por el grupo?
3. ¿Respetaron las ideas de sus compañeros y compañeras?

### 3. Ácidos nucleicos

Como ya has estudiado en Biología, los ácidos nucleicos son biopolímeros que se encuentran en el núcleo y en el citoplasma de la célula. Existen dos tipos: **ácido desoxirribonucleico (ADN)** y **ácido ribonucleico (ARN)**.

Mientras el **ADN** almacena la información genética que es transmitida a la descendencia, el **ARN** transporta la información genética del ADN (núcleo) al citoplasma celular, donde es traducida, leída y puede expresarse.



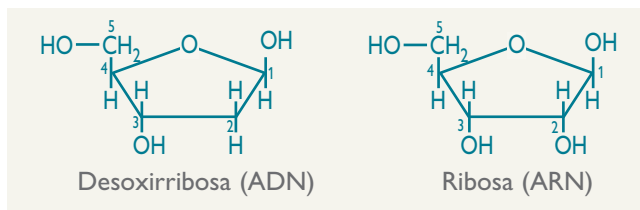
El ADN es la molécula biológica más importante, formada por dos cadenas de nucleótidos que se unen entre sí a través de las bases nitrogenadas y luego se enrolla como una verdadera escalera de caracol.

#### 3.1. Composición de los ácidos nucleicos

Los ácidos nucleicos son polímeros constituidos por unidades estructurales llamadas **nucleótidos**, que constan de tres componentes: una **pentosa** (carbohidrato), un **grupo fosfato** y una **base nitrogenada**.

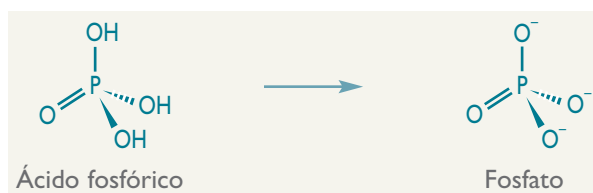
##### A. Pentosa

Es un monosacárido formado por cinco átomos de carbono. En el ADN, la pentosa es la **desoxirribosa**; mientras que en el ARN, la pentosa es la **ribosa**.



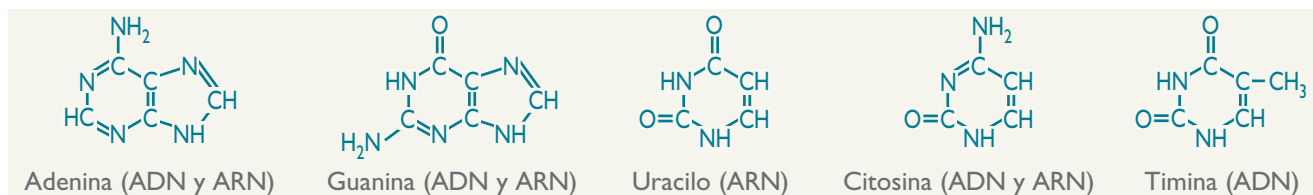
##### B. Grupo fosfato

Proviene de la molécula inorgánica ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ), que al perder los átomos de hidrógeno puede unirse a otros átomos, como grupo fosfato. El grupo fosfato está presente en ambos ácidos nucleicos unido a la pentosa.



##### C. Base nitrogenada

Es una estructura cíclica con propiedades básicas. Como el ciclo tiene más de un tipo de átomo, estas bases se llaman "**bases heterocíclicas**". Hay cinco **bases heterocíclicas** que se encuentran en las moléculas de ADN y/o ARN. Dos derivadas de la purina y tres, de la pirimidina.

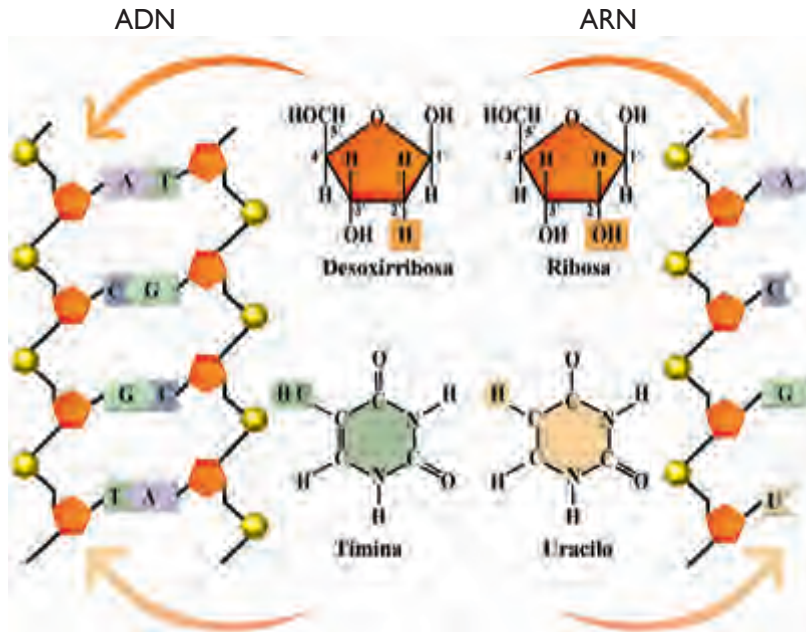


### 3.2. Comparación entre ADN y ARN

#### Actividad 5

#### Comparar

Observa la estructura molecular del ADN y la del ARN. Luego, responde en tu cuaderno.



1. ¿Qué diferencias hay entre la molécula de ADN y ARN? Señala tres.
2. ¿Qué pares de bases están siempre unidas en el ADN?
3. Considerando la siguiente secuencia de la hebra de ADN: **CCT TAT TCC GAC CCT TGC**, escribe la secuencia de la hebra complementaria de ADN y la de ARN que se formaría a partir de cada una de ellas.

Tomando como base la realización de la *Actividad 5*, se pueden establecer las siguientes diferencias entre las moléculas de ADN y ARN. Por ejemplo:

- la molécula de ARN es una hebra simple, a diferencia del ADN, que es una doble hebra;
- el azúcar del ARN es una ribosa; en cambio, el azúcar del ADN es una desoxirribosa;
- el ARN posee tres de las cuatro bases nitrogenadas que tiene el ADN: adenina (A), guanina (G) y citosina (C) y, en lugar de la timina (T), posee uracilo (U).

La polimerización de los nucleótidos es catalizada por enzimas, y da lugar al **polinucleótido** o **ácido nucleico**. Estos polímeros poseen una "columna vertebral" de fosfato-pentosa a la que están unidas covalentemente las bases heterocíclicas.

#### Rincón del debate

Lee y comenta con tus compañeros y compañeras.

Actualmente, la ley permite utilizar los exámenes de ADN como una prueba para demostrar la paternidad en aquellos casos en que el padre se niega a reconocer a su hijo, o bien la madre niega la paternidad de este.

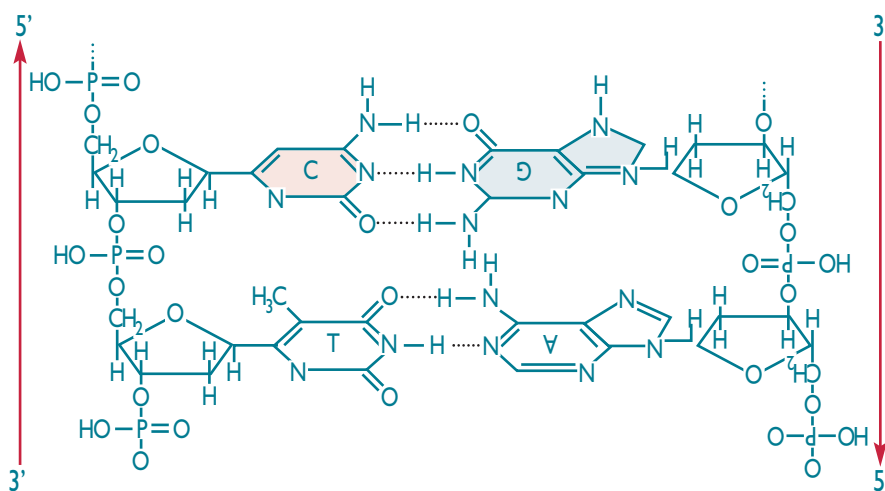
¿Qué opinas al respecto? Discute con tu curso.



### 3.3. Estructura de los ácidos nucleicos

Los ácidos nucleicos presentan diferentes niveles de organización, conocidos como estructuras: **primaria**, **secundaria** y **terciaria**.

- **Estructura primaria.** Es la secuencia de nucleótidos de una sola cadena o hebra. Puede presentarse como un simple filamento extendido, o bien doblado sobre sí mismo.
- **Estructura secundaria.** En el ADN existe una disposición espacial de dos hebras de polinucleótidos antiparalelas (en sentido contrario), complementarias (con las bases nitrogenadas enfrentadas y unidas mediante puentes de hidrógeno) y enrolladas una sobre otra, formando una espiral o doble hélice. En esta biomolécula de ADN se establecen pares de bases nitrogenadas complementarias, unidas mediante puentes de hidrógeno. Aunque los puentes de hidrógeno son enlaces fáciles de romper, la acción conjunta de cientos de miles de ellos otorga estabilidad al ADN. El ARN, pese a estar constituido por una cadena simple, esta se pliega, generando regiones de apareamiento entre sus bases.



Las flechas de color rojo representan el sentido en que se ubican las hebras complementarias de ADN en el espacio.

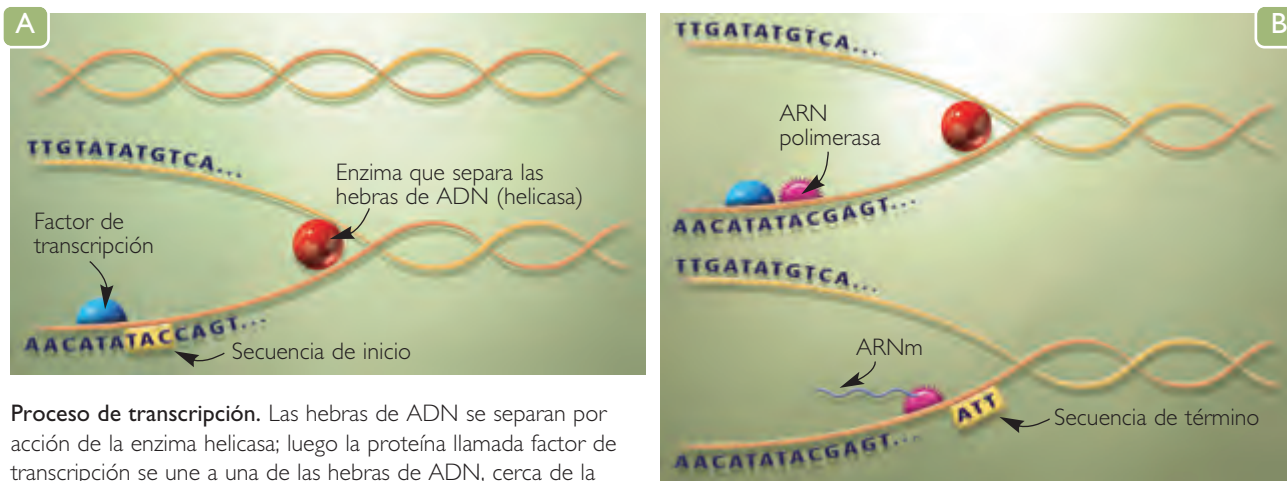
- **Estructura terciaria.**

Corresponde a los diferentes niveles de empaquetamiento de la doble hélice del ADN para formar los  **cromosomas**. Generalmente, el ADN se asocia con proteínas especiales (histonas) para lograr un mayor grado de compactación. De esta forma, estas gigantescas moléculas pueden ser contenidas dentro del núcleo. El ARN presenta también estructura terciaria, la que se relaciona con la forma en que se disponen y unen entre sí las distintas hebras de ARN.

### 3.4. Transferencia de la información genética

Para que la información genética contenida en el ADN pueda ser transmitida de célula madre a célula hija, este debe copiarse, proceso conocido como **replicación**. Durante la replicación, la doble hélice del ADN se desenrolla parcialmente y sobre cada una de estas hebras se van ubicando los nucleótidos, que contienen la base complementaria a la hebra original. La replicación del ADN es un proceso semiconservativo, puesto que cada vez que se replica la molécula, se conserva una hebra original y se sintetiza una hebra complementaria nueva. Es decir, cada hebra de la doble hélice sirve de molde para la síntesis de las nuevas hebras, generándose, de esta forma, dos hélices de ADN.

La **transcripción**, en tanto, es el proceso por el cual la información contenida en el ADN se “copia” en el ARN mensajero (ARNm).



**Proceso de transcripción.** Las hebras de ADN se separan por acción de la enzima helicasa; luego la proteína llamada factor de transcripción se une a una de las hebras de ADN, cerca de la secuencia del nucleótido de inicio (A). Después, comienza la síntesis de ARNm por acción de la enzima ARN polimerasa, la que finaliza al llegar a la secuencia de término (B).

### Actividad 6

### Explicar y analizar

Lee y responde en tu cuaderno las siguientes preguntas.

1. Explica en qué consiste el proceso de transcripción de la información genética.
2. Un codón es la secuencia de tres bases nitrogenadas del ARNm. Observa la tabla de codones que aparece en el *Anexo 1* de la página 208 del Texto y señala qué secuencia de aminoácidos codifica el segmento de **ARNm: GGA-AUA-UUA-GCU-GGA-ACC**.
3. Averigua la función que desempeñan las enzimas helicasa y polimerasa en el proceso de replicación y transcripción del material genético.

Finalmente, la **traducción** es la última etapa de la expresión génica, y corresponde a la síntesis de proteínas o polipéptidos a partir de la lectura del ARNm. Hay ciertas secuencias de nucleótidos que codifican para aminoácidos específicos. Es así como los codones GUU, GUC, GUA y GUG codifican para el aminoácido valina.



### Conexión con... Tecnología

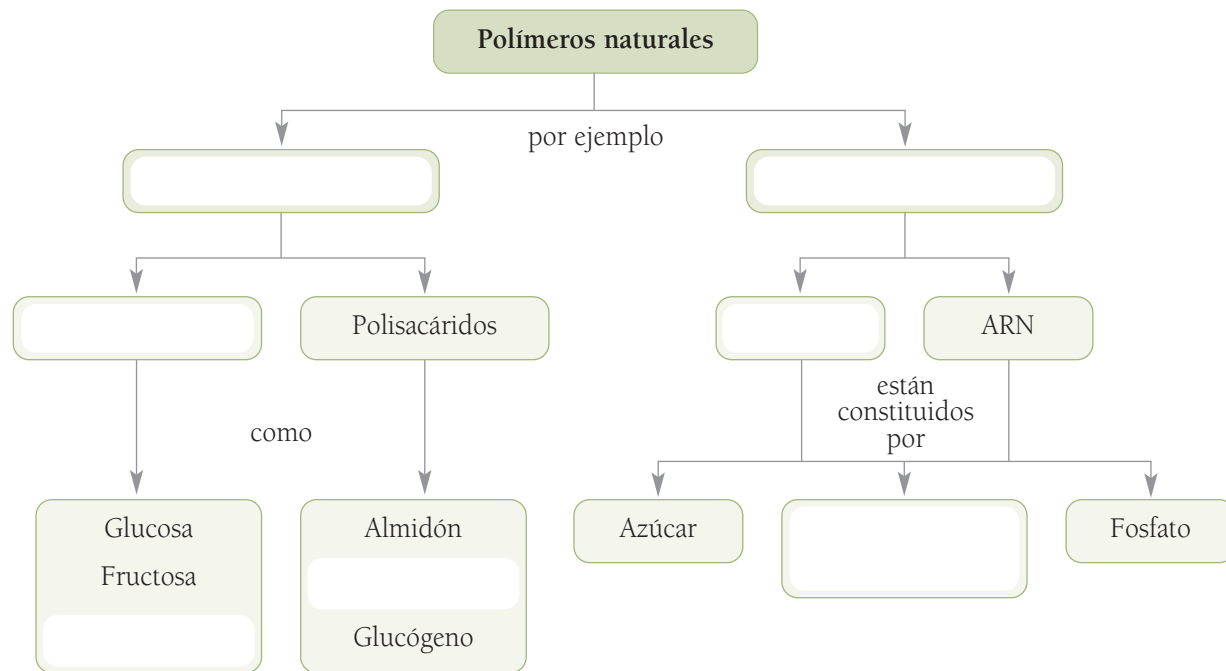
Reúnete con un compañero o compañera y propongan un modelo tridimensional para las moléculas de ADN y ARN. Para orientar mejor el diseño de ambos modelos, guíense por las características planteadas en la página 61 de esta Unidad.



## SÍNTESIS - EVALUACIÓN DE PROCESO

## Síntesis del Tema 1

Lee y completa el siguiente esquema que resume los principales conceptos tratados en el Tema 1.

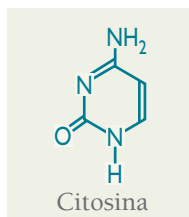
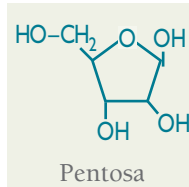
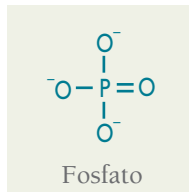


## Evaluación de proceso

**I** Lee las siguientes preguntas y selecciona la alternativa correcta (2 puntos cada una).

- ¿Cuál es el monómero constituyente del almidón?
  - Ribosa.
  - Glucosa.
  - Sacarosa.
  - Fructosa.
  - Galactosa.
- ¿Cuál de las siguientes moléculas es utilizada en primer lugar como reservorio energético?
  - ADN.
  - ARN.
  - Enzimas.
  - Proteínas.
  - Glucosa.
- ¿Cuál de las siguientes alternativas es **incorrecta** respecto de la molécula de ADN?
  - El azúcar que lo constituye es la desoxirribosa.
  - Está formada por bases nitrogenadas heterocíclicas.
  - Es idéntica a la molécula de ARN y solo difiere en una base nitrogenada.
  - Corresponde a dos cadenas polinucleotídicas que forman una doble hélice.
  - Las bases nitrogenadas que lo constituyen son: adenina, timina, citosina y guanina.

4. La unión de las siguientes moléculas da origen a:



- A. glucosa.
- B. nucleótido de ARN.
- C. nucleósido de ARN.
- D. nucleótido de ADN.
- E. cadena de ácido nucleico.

5. ¿Cuál es la diferencia entre la molécula de  $\alpha$ -glucosa y la  $\beta$ -glucosa?

- A. El número de átomos de carbono.
- B. El número de átomos de oxígeno.
- C. La ubicación del grupo hidroxilo.
- D. Una es cíclica y la otra es de cadena abierta.
- E. No existen diferencias estructurales.

6. Imagina una sola hebra de ADN que contiene una sección con la siguiente secuencia de bases nitrogenadas: A - C - T - C - G - A. ¿Cuál es la secuencia de bases nitrogenadas de la hebra complementaria?

- A. A - C - T - C - G - A
- B. C - A - G - A - T - C
- C. T - G - A - G - C - T
- D. G - T - C - T - A - G
- E. T - G - T - C - A - G

II Explica, por escrito, en qué consiste el proceso de replicación, transcripción y traducción del material genético. Luego, observa la siguiente hebra de ADN y responde en tu cuaderno (2 puntos cada una).

ADN: AAT GGG TCA CCA TAA CCC

ARNm:

1. ¿Cuál sería la secuencia de bases nitrogenadas en la molécula de ARNm?
2. ¿Qué aminoácidos representaría la sección de las proteínas formadas por la molécula de ARN? Para responder esta pregunta, revisa la tabla que aparece en el Anexo 1 de la de página 208 del Texto.

### Me evalúo

Completa la tabla. Para estimar tu puntaje, sigue las indicaciones que te señalará tu profesor o profesora.

Debería	Ítem (preguntas)	Puntaje		¿Qué debo hacer?
		Total	Obtenido	
• Identificar la estructura y función biológica de los carbohidratos y ácidos nucleicos.	I	12		Según los puntajes obtenidos, realiza las actividades que te indicará tu profesor o profesora.
• Describir los procesos de replicación, transcripción y traducción en los que intervienen los ácidos nucleicos.	II	4		

## Actividad exploratoria

## ¿En qué fracción de la leche “cortada” hay mayor concentración de proteínas: en la sólida o líquida?

### A. Antecedentes

La leche es una mezcla de nutrientes, los que pueden ser identificados a través de distintos reactivos químicos. Por ejemplo, para el reconocimiento de proteínas se utiliza ácido nítrico. Cuando esta sustancia reacciona con las proteínas, la solución toma una coloración amarilla. Al agregar jugo de limón a la leche, podemos observar que esta se “corta”, es decir, la leche se separa en una porción sólida y una líquida, con diferentes nutrientes.

### B. Hipótesis

Reúnanse en grupos de tres o cuatro integrantes y formulen una hipótesis que les permita responder la pregunta inicial.

### C. Diseño experimental

**Materiales:** 200 mL de leche entera líquida, jugo de limón, un vaso de precipitado, mechero, varilla de agitación, trípode, rejilla, embudo, pipeta, ácido nítrico concentrado, tres tubos de ensayo.

**Procedimiento:**

1. Pongan los 200 mL de leche en el vaso de precipitado y caliéntenla en el mechero hasta que hierva.
2. Retiren el vaso de precipitado, y mientras la leche se enfría, separen cuidadosamente la nata y pónganla en un tubo de ensayo.
3. A la leche que mantuvieron en el vaso, sin nata, agréguele 5 mL de jugo de limón hasta que se “corte”. Obtendrán una fase líquida (suero) y una porción sólida (coágulo).
4. Tomen un tubo de ensayo y agreguen con la pipeta 5 mL del suero obtenido en el paso anterior.
5. Retiren una porción de coágulo y pónganla en un tubo de ensayo.
6. Agreguen ácido nítrico a cada muestra: nata, suero y coágulo. Registren sus observaciones.



### D. Resultados

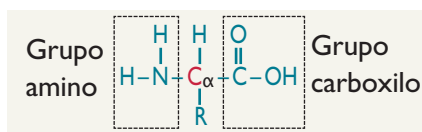
Propongan una forma de comunicar los resultados; recuerden que pueden utilizar tablas, gráficos o esquemas.

### E. Análisis y conclusiones

- a. ¿En qué fracción de la leche hay mayor proporción de proteínas?
- b. ¿Están en condiciones de validar su hipótesis?, ¿por qué?
- c. Si quisieran reconocer la presencia de otros nutrientes en la leche, por ejemplo, carbohidratos y lípidos, ¿qué procedimiento realizarían? Expliquen.

## 1. ¿Qué son las proteínas?

Las **proteínas** son las macromoléculas más abundantes de la célula, ya que intervienen tanto en aspectos estructurales como en los procesos metabólicos de todos los seres vivos. El 50% o más de la masa libre de agua (peso seco) del cuerpo humano se compone de proteínas. Los monómeros de estos biopolímeros son **aminoácidos** unidos en largas cadenas. Cada aminoácido presenta en su estructura un carbón alfa ( $\alpha$ ) al que se unen un grupo amino ( $-\text{NH}_2$ ), un grupo carboxilo ( $-\text{COOH}$ ), un hidrógeno y un grupo característico de cada aminoácido (R), tal como se representa en la siguiente estructura molecular:



Cuando dos aminoácidos se unen, forman un **dipéptidos**; si son tres, un **tripéptidos**, y así sucesivamente. Si la masa molecular de la macromolécula es inferior a 5000 uma, se denomina **polipéptidos**; en tanto, si la masa es superior a 5000 uma o el número de aminoácidos que la componen excede las 100 unidades monoméricas, estamos en presencia de una proteína.

Las proteínas cumplen innumerables funciones en nuestro organismo; por ejemplo: forman parte de estructuras corporales, como los músculos, la piel, el pelo y las uñas; participan en la reparación de tejidos; regulan la mayoría de las reacciones metabólicas (enzimas); participan en la defensa del organismo (anticuerpos), en la regulación de funciones corporales (hormonas), e intervienen en la transmisión de impulsos nerviosos (neurotransmisores).

### Reflexionemos

Lee y analiza la siguiente información y, luego, comenta con tus compañeros y compañeras.

Las proteínas son biopolímeros fundamentales que desempeñan importantes funciones en nuestro organismo. Si la alimentación carece de proteínas, el organismo no obtendrá todos los aminoácidos que necesita. No todos los alimentos proporcionan cantidades suficientes, ni todos los tipos de aminoácidos. Es por ello que nuestra dieta debe ser variada; la carne, por ejemplo, contiene aminoácidos esenciales que no están presentes en vegetales como el trigo, el maíz o las legumbres.

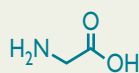
1. En tu alimentación diaria, ¿incluyes una amplia variedad de alimentos que aportan proteínas, como la leche, carne, huevos y legumbres?
2. ¿Qué importancia le atribuyes a una alimentación balanceada en proteínas?
3. ¿Qué enfermedades de las que conoces son producidas por una dieta baja en proteínas?



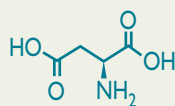
La carne, la leche y las legumbres son alimentos ricos en proteínas.

## DESARROLLO DE CONTENIDOS

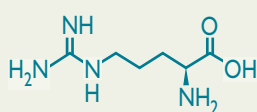
## 1.1. Estructura de los aminoácidos



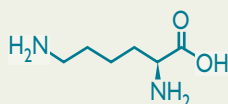
Glicina



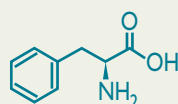
Ácido aspártico



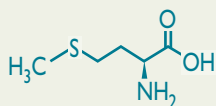
Arginina



Lisina



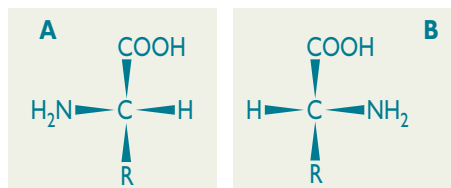
Fenilalanina



Metionina

Si analizamos la estructura general de los aminoácidos, veremos que el **carbono  $\alpha$**  (vecino al grupo carboxilo) está unido a cuatro sustituyentes distintos, es decir, se trata de un **carbono asimétrico**.

Producto de la asimetría del carbono, los aminoácidos presentan dos isómeros ópticos, cada uno con su ordenamiento espacial característico: la estructura **A**, que tiene el grupo  $\text{NH}_2$  hacia la izquierda, corresponde a la **configuración L**, y la estructura **B**, que presenta este grupo hacia la derecha, se denomina **configuración D**, tal como se aprecia a continuación.



Representación molecular de los isómeros ópticos, L-aminoácido y D-aminoácido.

Todos los aminoácidos presentes en las proteínas de los organismos tienen la configuración relativa L.

Veinte aminoácidos diferentes constituyen las unidades para la construcción de las decenas de miles de proteínas distintas que participan en prácticamente todos los procesos biológicos. Estos aminoácidos solo se diferencian en los grupos funcionales que aporta la **cadena lateral R**; pueden ser alifáticos o aromáticos, polares o apolares, ácidos o básicos.

El cuerpo humano solo puede sintetizar diez de los veinte aminoácidos. Los otros diez, llamados **aminoácidos esenciales**, deben ser aportados por las proteínas de los alimentos que consumimos. En el Anexo 2 de la página 209 de tu Texto, encontrarás una tabla donde se señala la estructura molecular de dieciséis de estos aminoácidos.

## Actividad 7

## Comparar

Observa y analiza la estructura molecular de los aminoácidos que aparecen en esta página. Luego, responde en tu cuaderno.

1. ¿Cuál o cuáles de estos aminoácidos tendrá(n) propiedades básicas?, ¿por qué?
2. ¿Cuál(es) tendrá(n) propiedades ácidas?, ¿por qué?
3. ¿Qué crees que sucedería con el ácido aspártico si es expuesto a un medio neutro? Explica.

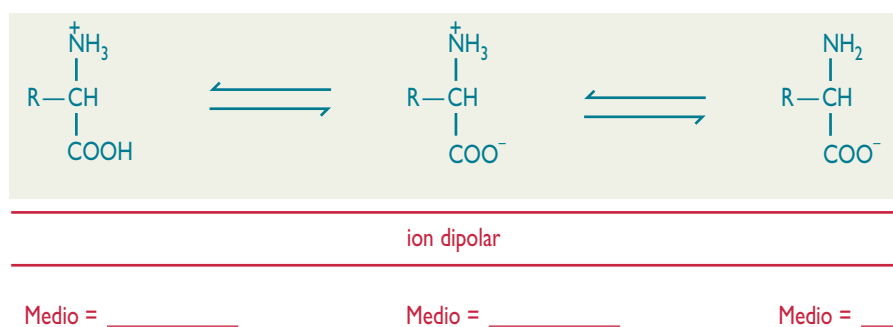
## 1.2. Propiedades de los aminoácidos

Los aminoácidos se distinguen de otras sustancias orgánicas porque tienen propiedades peculiares. Por ejemplo, a temperatura ambiente son sólidos, pues tienen puntos de fusión superiores a los 200 °C, en tanto que otros compuestos orgánicos de similar masa molecular son líquidos. Además, son bastante solubles en agua, y muy poco solubles en disolventes orgánicos, al igual que los compuestos iónicos. Respecto de su pH, los aminoácidos son menos ácidos que los ácidos carboxílicos y menos básicos que las aminas.

### Actividad 8

### Interpretar

A partir de la representación de un aminoácido cuyo R no representa características ácidas ni básicas y que se encuentra en un medio acuoso, completa los espacios con los conceptos: básico, ácido o neutro, según corresponda. Luego, responde en tu cuaderno.



1. ¿En qué intervalos de pH el aminoácido cede un protón y se convierte en un anión?, ¿en qué condiciones acepta un protón y se transforma en catión?
2. ¿En qué medios el aminoácido generará dipolos? Explica.
3. ¿Qué ocurriría si el grupo R del aminoácido fuera ácido?, ¿y si fuera básico? Explica.

Como pudiste analizar en la actividad anterior, los aminoácidos pueden comportarse como ácidos, cediendo un protón, o como bases, aceptando el protón, según el pH del medio en que se encuentren disueltos. Esto se debe a que tienen en su molécula un grupo carboxilo (ácido) y un grupo amino (básico). El pH en el cual el aminoácido presenta una carga neta cero se denomina **punto isoeléctrico**.

Todos los aminoácidos se comportan como base en un medio ácido y como ácidos en medio básico; es por eso que se dice que los aminoácidos son **anfóteros**. Un aminoácido podrá aumentar o disminuir su carácter ácido o básico mientras el radical R contenga, a su vez, otros grupos carboxilo o amino.

### Conceptos clave

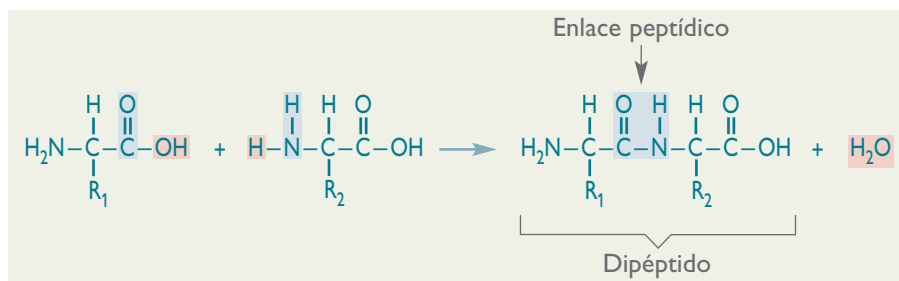
**anfótero:** sustancia que puede comportarse como ácido o base, dependiendo del medio en que se encuentre.

### 1.3. Enlace peptídico: unión entre aminoácidos

#### Actividad 9

#### Identificar y aplicar

Observa la siguiente ecuación, que representa la unión de dos aminoácidos. Luego, responde en tu cuaderno.

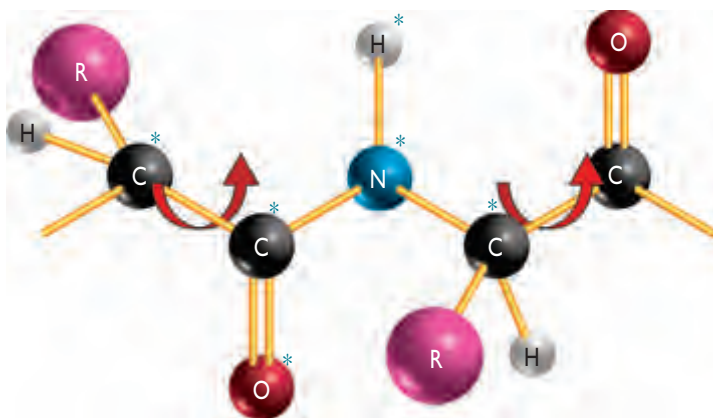


1. ¿Qué grupos funcionales participan en la unión entre estos aminoácidos? Explica.
2. ¿A qué tipo de reacción corresponde la polimerización de las proteínas: adición o condensación? Justifica tu respuesta.
3. ¿Qué molécula se libera como consecuencia de la formación del enlace peptídico?

Como pudiste analizar en la ecuación de la *Actividad 9*, las reacciones de polimerización que dan origen a las proteínas son reacciones de **condensación** similares a las que se utilizan en la fabricación de algunos plásticos, como estudiaste en la primera unidad de este Texto.

Cuando dos aminoácidos se unen entre sí, forman el llamado **enlace peptídico**, dando como resultado un **dipéptido**, que ahora presenta un **grupo amida**, que caracteriza a las proteínas.

Al formarse el enlace peptídico, el hidroxilo ( $-\text{OH}$ ) del grupo carboxilo de uno de los aminoácidos se combina con el hidrógeno ( $-\text{H}$ ) del grupo amino del otro aminoácido, y se libera una molécula de agua. El dipéptido que se obtiene presenta un grupo amino y un grupo carboxilo. Cualquier otro aminoácido puede reaccionar con uno de estos grupos y unirse, formando así largas cadenas, es decir, polipéptidos o proteínas.



Representación del enlace peptídico.

La figura muestra el modelo molecular del enlace peptídico. Los átomos señalados con un asterisco se sitúan en un mismo plano, con distancias y ángulos fijos. Solamente es posible una libre rotación entre los carbonos indicados por las flechas de color rojo. Además, el grupo R de uno de los aminoácidos va hacia adelante y en el otro aminoácido el mismo grupo se dirige hacia atrás; de este modo se disminuye el **efecto estérico** entre ellos.

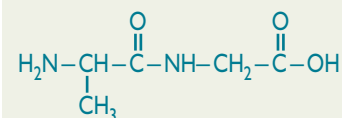


## EJEMPLO RESUELTO 1

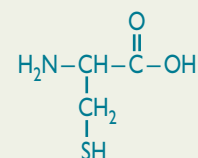
## Enlace peptídico

El dipéptido alanilglicina puede unirse al aminoácido cisteína para formar dos tripéptidos distintos.

- ¿Cuál es la ecuación que representa la formación de los tripéptidos? ¿Cómo la escribirías?
- Anota la secuencia de aminoácidos usando letras.



Alanilglicina (Ala-Gly)



Cisteína (Cys)

## 1. Entender el problema e identificar la incógnita

- Debemos representar la formación de dos tripéptidos mediante una ecuación y escribir las secuencias de aminoácidos usando letras.

## 2. Anotar los datos que nos entrega el problema

- Contamos con la fórmula estructural del dipéptido y del aminoácido.
- Sabemos que la unión entre el dipéptido y el aminoácido debe ser un enlace peptídico.

## 3. Diseñar un plan de acción

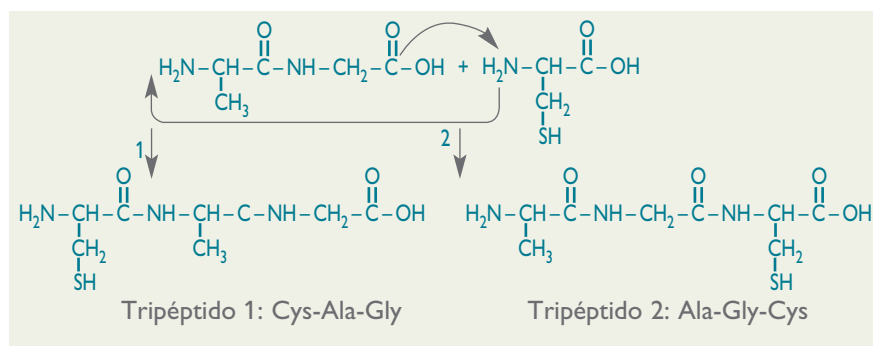
- Enfrentamos las fórmulas estructurales del dipéptido y del aminoácido que son los reactantes, separados por un signo +.
- Unimos el grupo carboxilo ( $-\text{COOH}$ ) del aminoácido por el lado del grupo amino ( $\text{H}_2\text{N}-$ ) del dipéptido y escribimos la fórmula del primer tripéptido.
- Unimos el grupo amino ( $\text{H}_2\text{N}-$ ) del aminoácido por el lado del grupo carboxilo ( $-\text{COOH}$ ) del dipéptido y escribimos la fórmula del segundo tripéptido.
- Anotamos las secuencias de aminoácidos en cada tripéptido.

## 4. Ejecutar plan

- Ecuación para la formación de los tripéptidos: ►

## 5. Respuesta

Cuando el aminoácido se une por el lado del grupo amino del dipéptido, se origina el tripéptido Cys-Ala-Gly; cuando lo hace por el lado del grupo carboxilo, se forma el tripéptido Ala-Gly-Cys. Observa que si los tres aminoácidos (Ala, Gly, Cys) estuvieran de manera independiente, se podrían formar seis tripéptidos distintos.



## PARA TRABAJAR

La pepsina es una enzima digestiva encargada de descomponer proteínas en péptidos más pequeños. Parte de la estructura primaria de esta proteína tiene la siguiente secuencia:

**Asn-Gln-His-Leu-Cys-Fen-Fen-Tyr.**

Escribe la secuencia usando sus fórmulas estructurales.

Observa el Anexo 2 de la página 209.

### Inter@ctividad

Ingresa a la siguiente página web: [www.educacionmedia.cl/web](http://www.educacionmedia.cl/web) y escribe el código 11Q4072. Identifica los enlaces peptídicos en la secuencia de aminoácidos y los puentes de hidrógeno entre las cadenas polipeptídicas organizadas  $\alpha$ -hélice y  $\beta$ -lámina plegada. Además, responde las preguntas que ahí se señalan.

## 2. Niveles estructurales de las proteínas

El uso de métodos físicos, como la difracción de rayos X, ha permitido conocer los niveles de organización de las proteínas que corresponden a las **estructuras primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria**.

### 2.1. Estructura primaria

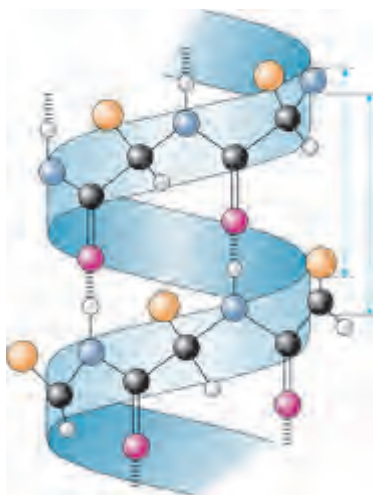
Es la secuencia de aminoácidos que componen la cadena polipeptídica en el orden en que se encuentran. Esta secuencia se escribe enumerando los aminoácidos desde el grupo amino terminal hasta el grupo carboxilo terminal. Así, un polipéptido podría tener la siguiente estructura primaria:



### 2.2. Estructura secundaria

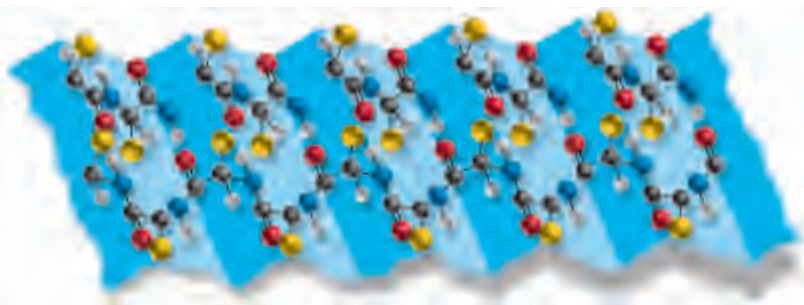
Corresponde a la disposición espacial de la cadena polipeptídica. Los puentes de hidrógeno que se establecen entre los grupos  $\text{C}=\text{O}$  y  $\text{N}-\text{H}$  tienden a plegar la cadena, dándole a esta una **conformación espacial estable** o estructura secundaria. Hay dos tipos de conformaciones espaciales estables:  $\alpha$ -hélice y  $\beta$ -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  $\text{C}=\text{O}$  de un aminoácido y el grupo  $\text{N}-\text{H}$  del cuarto aminoácido que le sigue en la secuencia. Los grupos R más voluminosos quedan orientados hacia la periferia de la hélice, logrando disminuir el efecto estérico. Las proteínas que forman el pelo tienen una estructura  $\alpha$ -hélice.



Estructura secundaria  $\alpha$ -hélice.

La estabilidad de la estructura secundaria es una consecuencia de la formación de puentes de hidrógeno entre los átomos que participan en el enlace peptídico a lo largo de la cadena polipeptídica; los grupos alquilo (R) de los aminoácidos no participan en estas uniones.



Estructura secundaria  $\beta$ -lámina plegada.

### 2.3. Estructura terciaria

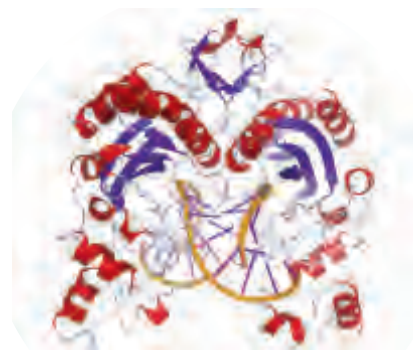
La estructura secundaria de la cadena polipeptídica puede plegarse, adoptando una estructura globular o fibrosa. La **forma tridimensional** que tiene la proteína es su estructura terciaria. La estructura terciaria es la disposición de toda la estructura secundaria en el espacio y, por lo tanto, del tipo de conformación que posee la proteína en su totalidad. Esta estructura es consecuencia de la existencia de puentes de hidrógeno sobrantes o de interacciones diversas que se dan entre los grupos funcionales presentes en los radicales R de los aminoácidos situados en distintas posiciones de la cadena polipeptídica. A menudo, entre cadenas polipeptídicas que contienen el aminoácido cisteína se enlazan átomos de azufre, formando puentes disulfuro, S-S.



La mioglobina es una proteína globular que está presente en los músculos.

### 2.4. Estructura cuaternaria

Está presente solo en las proteínas que tienen más de una cadena polipeptídica. Así, las cadenas pueden plegarse entre sí, conformando la estructura cuaternaria. En esta estructura, cada una de las cadenas constituye una subunidad que se relaciona espacialmente con las restantes a través de uniones intermoleculares, formando un complejo proteico. La mayor parte de las proteínas presentan las estructuras primaria, secundaria y terciaria en conjunto, es decir, su estructura molecular comprende las tres conformaciones. La función que desempeñan las proteínas en el organismo está íntimamente relacionada con su estructura molecular.

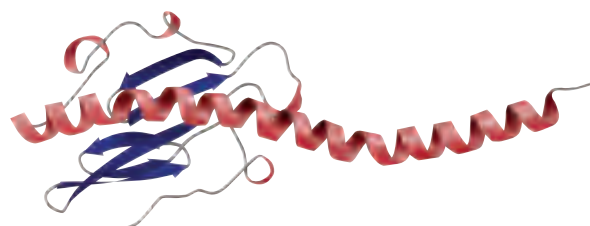


La proteína ecoRV es una enzima que presenta estructura cuaternaria formada por dos dímeros iguales. Al centro se observa la molécula de ADN. La función de la ecoRV es cortar secuencias de ADN.

#### Actividad 10

#### Representar y seleccionar información

- Consigue una cinta para regalo de un metro de longitud y representa la estructura secundaria y terciaria de una proteína. Luego, responde en tu cuaderno.
  - ¿Qué plegamientos son necesarios para dar origen a la estructura terciaria?, ¿cómo se estabiliza? Explica.
  - ¿Qué otro material utilizarías para representar las interacciones entre los aminoácidos y así lograr una conformación estable?
- Averigua, en diferentes fuentes, sobre los niveles estructurales de las siguientes proteínas: colágeno, queratina, insulina, albúmina del suero y proteasas. Representalas.



## TALLER CIENTÍFICO

## ¿Qué cambios pueden experimentar las proteínas frente al calor y a la agitación?

### A. Observación

La albúmina es una proteína que está presente en la clara del huevo. Al igual que las otras proteínas, puede sufrir alteraciones a nivel estructural, debido a la acción de distintos factores.

### B. Hipótesis

Formen grupos de cuatro integrantes y planteen una hipótesis para la pregunta inicial. Luego, reúnan los materiales necesarios para el montaje experimental que les permitirá poner a prueba su hipótesis.

### C. Diseño experimental

#### Materiales:

- |                                 |                                    |
|---------------------------------|------------------------------------|
| - vaso de precipitado de 500 mL | - tres tubos de ensayos y gradilla |
| - vaso de precipitado de 250 mL | - mechero                          |
| - probeta de 100 mL             | - tenedor                          |
| - pipeta de 10 mL               | - trípode y rejilla                |
| - varilla de agitación          | - agua destilada                   |
| - equipo de filtración          | - un huevo                         |
| - papel filtro                  |                                    |

#### Procedimiento:

1. Separen la clara del huevo de la yema, con mucho cuidado. Coloquen la clara en el vaso de precipitado de 500 mL.
2. En la probeta midan 100 mL de agua destilada y agréguela sobre la clara de huevo. Viertan el agua lentamente por las paredes del vaso mientras van agitando de manera suave con la varilla de agitación. Repitan este paso dos veces más, de modo que la clara de huevo quede mezclada con 300 mL de agua (lo que forma un coloide).
3. Monten el equipo de filtración, como muestra la imagen superior. Sujeten el aro al soporte universal, luego coloquen el embudo en el aro y, finalmente, ubiquen el vaso de precipitado o matraz debajo del embudo, teniendo precaución en que el extremo inferior de este quede tocando las paredes internas del vaso para que el líquido escurra y no se pierda muestra. Dispongan de papel filtro como un cono y colóquenlo dentro del embudo.



#### Tips

Deben adicionar lentamente el agua para no alterar la estructura de la proteína.

Recuerden: la filtración es una técnica física que se utiliza para separar un sólido que se encuentra en suspensión en un líquido.

4. Numeren los tubos de ensayo del 1 al 3. Con la pipeta, agreguen 6 mL del coloide filtrado en cada uno de los tubos. El tubo 1 será su control.

**a. Efecto del calor**

- Hiervan aproximadamente 200 mL de agua potable en el vaso de 250 mL y luego apaguen el mechero.
- Sumerjan el tubo 2 en el agua caliente y déjenlo durante 5 minutos.
- Retiren y comparen la mezcla del tubo 2 con la del tubo 1. Anoten lo que observan.

**b. Efecto de la agitación**

- Viertan el contenido del tubo 3 en el plato y con el tenedor agiten la clara, tal como si hicieran merengue.
- Comparen el resultado obtenido con el del tubo 1 y registren sus observaciones.

**Tips**

El vaciado de la mezcla coloidal desde la pipeta al tubo debe hacerse lentamente, dejando que el líquido fluya por las paredes internas del tubo.

**D. Resultados**

Propongan una forma de representar los resultados obtenidos en la actividad. Recuerden que pueden utilizar gráficos, tablas, esquemas u otros.

**E. Análisis y conclusiones**

- ¿Cuáles son las variables dependiente e independiente (la variable independiente es la controlada de la actividad)? Expliquen.
- ¿De qué manera se modifica el aspecto general de la mezcla coloidal frente a ambos factores? Expliquen.
- ¿Cuál de los dos ensayos tiene mayor efecto sobre la mezcla coloidal? Expliquen lo ocurrido en ambos casos.
- ¿Qué piensan que ocurre a nivel estructural en la proteína de cada ensayo?, ¿son reversibles estos cambios?, ¿por qué?
- ¿Qué creen que sucede con los enlaces: se rompen enlaces débiles como puentes de hidrógeno o enlaces peptídicos? Fundamenten su respuesta.
- ¿Validan o rechazan su hipótesis?, ¿por qué?
- Planteen un procedimiento similar al descrito, pero esta vez para comprobar el efecto que tiene el pH sobre la proteína del huevo.

**Conversemos**

Comenten con sus compañeros y compañeras en torno a las siguientes preguntas.

1. ¿Participaron en el montaje del experimento?
2. ¿Se organizaron para realizar las actividades de manera colaborativa?
3. ¿Fueron responsables al momento de trabajar con calor?
4. ¿Emplearon los conceptos aprendidos en la Unidad?
5. ¿Fueron respetuosos y respetuosas con las ideas expresadas por sus compañeros y compañeras?

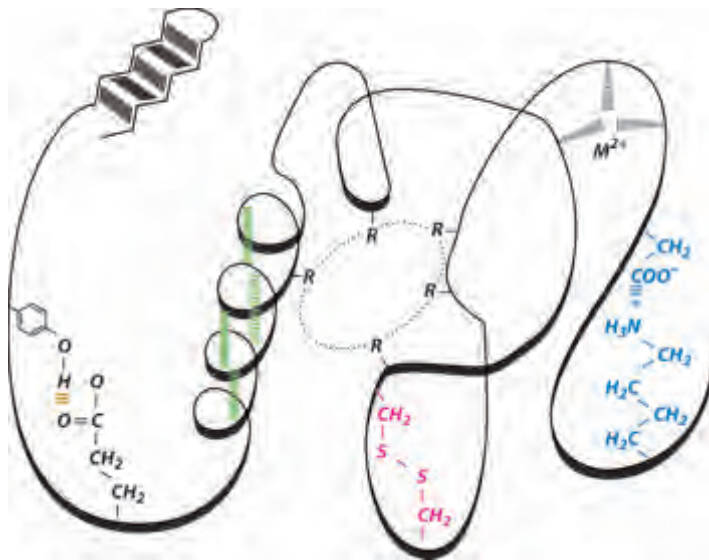


## 2.5. Estabilidad de las proteínas

### Actividad 11

### Inferir

Observa la siguiente figura que representa las uniones intermoleculares que se establecen en una proteína.



1. ¿Cómo crees que se relaciona la cantidad de uniones intermoleculares de una proteína con su estabilidad?
2. ¿Qué ocurre con las uniones intermoleculares que se generan en la proteína si modificamos su medio, ya sea variando el pH o la temperatura? Explica.
3. Averigua y explica qué sucede con la caseína (proteína presente en la leche), si variamos el pH de su medio, haciéndolo más ácido.

Si analizamos la figura de la *Actividad 11*, podemos observar que las proteínas mantienen su estabilidad estructural gracias a las uniones que existen entre los radicales (R) de los aminoácidos que la componen, las que pueden ser de dos tipos: uno formado por enlaces covalentes entre los átomos de S, denominados puentes disulfuro, 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 ion-dipolo y dipolo-dipolo. Estas uniones intermoleculares cumplen una doble función. Por una parte, confieren la flexibilidad necesaria a las moléculas para romper estos enlaces débiles mediante las enzimas 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, por ejemplo, variaciones en el pH o la temperatura, como analizaste en la actividad planteada en el *Taller científico* de las páginas 74 y 75, la estructura de la proteína se altera; este proceso se conoce como **desnaturalización**. La conformación de una proteína desnaturalizada se ve drásticamente alterada y pierde su actividad biológica. Por ejemplo, la proteína del huevo se desnaturaliza al cocinarlo o batirlo, transformándose la albúmina en un compuesto fibroso e insoluble en agua.



Lectura científica

## Piel artificial chilena: nuevo material biotecnológico

El doctor Galo Cárdenas Triviño y su equipo de trabajo extraen quitina del caparazón de algunos crustáceos. La quitina es un polímero natural, específicamente un polisacárido, precursor del quitosano el que se procesa para la obtención de películas de piel artificial. Este material favorece la cicatrización y no provoca alergias.

El quitosano es un polímero natural que se está empezando a utilizar en el tratamiento de quemaduras de primer y segundo grado, ulceraciones y erosiones de la piel producto de la diabetes y también en algunas lesiones provocadas por accidentes.

La “membrana” elaborada con este polímero protege y mantiene la humedad en la región lesionada mientras esta cicatriza, lo que evita alteraciones en la piel. Por ser una sustancia biodegradable, es eliminada a medida que la lesión va cicatrizando. Además, posee propiedades fungicidas y bactericidas, lo que permite mantener las heridas libre de infecciones. El quitosano es utilizado como soporte de crecimiento celular, por lo cual la piel se regenera sin retracción.

A la aplicación médica del quitosano se suma su posible implementación en la agricultura.



Crustáceos de los que se obtiene la quitina, precursor del quitosano.

Actualmente se investiga como material para encapsular semillas y pesticidas. En semillas permitiría reemplazar los productos de uso actual que no son biodegradables, y su empleo en pesticidas podría mejorar la acción de estos productos al reducir el efecto de dilución por lluvia y riego, y disminuir las cantidades que se aplican a los cultivos. El quitosano también puede ser usado como soporte para biopesticidas.

Fuente: [www.explora.cl/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=229&Itemid=663](http://www.explora.cl/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=229&Itemid=663) (Boletín 29, página 4).

### Trabaja con la información

Lee las preguntas y comenta con tus compañeros y compañeras.

1. ¿Qué ventajas crees que tiene la utilización de polímeros naturales versus los artificiales para la elaboración de insumos médicos?
2. ¿Qué beneficios tiene para los pacientes que presentan quemaduras el uso de vendajes elaborados con quitosano? Explica.
3. ¿Cuáles son las proyecciones en la utilización de quitosano en otros campos de la ciencia, además de la medicina?

### 3. Proteínas funcionales: las enzimas

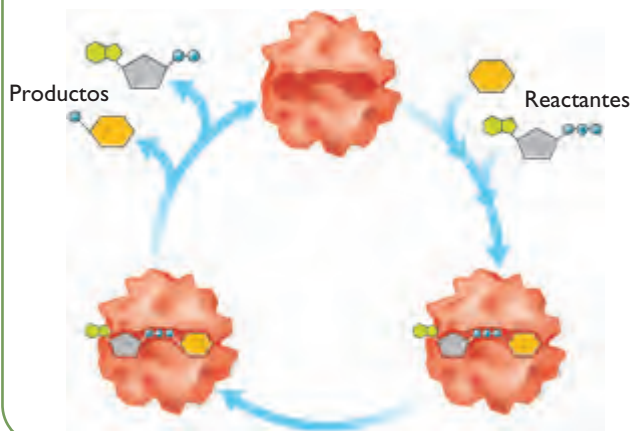
Las enzimas tienen una propiedad muy característica: la **especificidad de acción**. Esto significa que cada enzima realiza una determinada función, ya que tienen la capacidad de reconocer solo una molécula o una familia de moléculas parecidas en cuanto a su estructura. Esto último se debe a que la conformación 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).

#### Actividad 12

#### Asociar y seleccionar información

Observa la siguiente imagen que representa la especificidad de acción de la hexoquinasa, enzima que participa en la degradación de la glucosa al interior de las células. Luego, responde en tu cuaderno.



1. ¿Qué relación hay entre el sitio activo de una enzima y el reconocimiento del sustrato? Explica.
2. ¿Qué función desempeñan las enzimas en las reacciones químicas en las que intervienen?
3. Averigua con el profesor o profesora de Biología cómo se produce la unión sitio activo-sustrato y explícalo a través de un dibujo.

Las **enzimas** son proteínas altamente específicas 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. 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.

#### Conceptos clave

**sitio activo:** región específica de la superficie de una proteína responsable del reconocimiento de otras moléculas.

### 3.1. Las enzimas: catalizadores biológicos

Las **enzimas** aceleran la velocidad de las reacciones químicas que se producen en el organismo y que son necesarias para mantener su actividad biológica. Estas reacciones consisten principalmente, en transferir grupos de átomos de una molécula a otra; romper los enlaces en una molécula y formar nuevos enlaces, y reordenar las moléculas en nuevas conformaciones. Se conocen unas 2000 enzimas diferentes, cada una de ellas con una función específica.

La **catalasa**, por ejemplo, está presente en todas las células (vegetales y animales), y participa en la descomposición del peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), que se produce durante el metabolismo. Sin su acción descomponedora, la célula no podría seguir funcionando, ya que el peróxido de hidrógeno es tóxico y es imprescindible retirarlo a medida que se va formando.

#### Actividad 13

#### Experimentar y analizar

Reúnanse en parejas y realicen la siguiente actividad.

1. Consigan los siguientes materiales: gradilla, peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) de 20 o 30 volúmenes, cinco tubos de ensayo, pipeta de 10 mL, muestras de 3 g de hígado de pollo (panita), carne, papa, tomate y leche, agua destilada.
2. Numeren los tubos de ensayo del 1 al 5.
3. Maceren cada muestra y colóquenla en los tubos de ensayo con agua destilada. En el tubo 1 coloquen la muestra de hígado; en el 2, la de carne; en el 3, la de papa; en el 4, la de tomate y finalmente en el 5, la de leche.
4. Con la pipeta, añadan a cada tubo 5 mL de peróxido de hidrógeno y observen qué sucede en cada caso.
5. Elaboren una tabla con los resultados de cada tubo.

Respondan en sus cuadernos las siguientes preguntas.

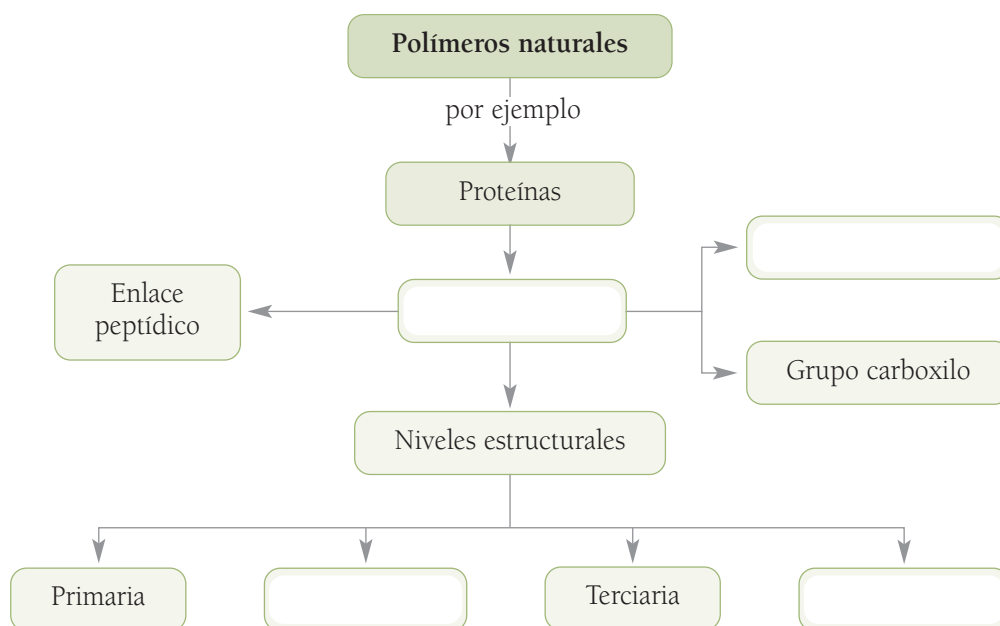
- a. Averigüen y escriban la ecuación que representa la reacción química que se produce en esta actividad. ¿Qué gas se libera? Expliquen.
- b. ¿Qué tejidos de los estudiados piensan que tienen una mayor concentración de catalasa?, ¿cómo llegaron a esa conclusión?
- c. ¿Qué beneficios creen que les brinda la catalasa a las células?
- d. ¿Qué creen que ocurriría con la enzima catalasa si se cocinaran estos alimentos? Planteen una hipótesis.
- e. Propongan un diseño experimental que les permita poner a prueba la hipótesis planteada.



## SÍNTESIS - EVALUACIÓN DE PROCESO

## Síntesis del Tema 2

Lee y completa el siguiente esquema que resume los principales conceptos tratados en el Tema 2.

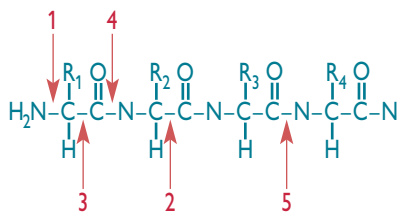


## Evaluación de proceso

I Lee las siguientes preguntas y selecciona la alternativa correcta (2 puntos cada una).

1. ¿Cuál(es) de las flechas representa(n) el enlace peptídico?

- A. 1
- B. 2
- C. 2 y 3
- D. 3
- E. 4 y 5



2. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones respecto de las enzimas es **correcta**?

- A. Actúan sobre cualquier sustrato.
- B. Son estables a altas temperaturas.
- C. Cuando intervienen, forman un complejo enzima-sustrato.
- D. Presentan una conformación diferente a las demás proteínas.
- E. Actúan a cualquier pH y temperatura, lo que es muy beneficioso para nuestro organismo.

3. Cuando hablamos de estructura terciaria de una proteína, nos referimos a:

- I. secuencia de aminoácidos.
  - II. interacción entre cadenas polipeptídicas individuales.
  - III. disposición espacial en una dirección de la cadena polipeptídica.
  - IV. plegamiento tridimensional de la molécula.
- A. Solo I
  - B. Solo IV
  - C. I y III
  - D. II y III
  - E. III y IV

4. ¿Qué tipo de reacción de polimerización se produce entre los aminoácidos para formar proteínas?
- Adición.
  - Condensación.
  - Saponificación.
  - Descomposición.
  - Óxido-reducción.
5. ¿Cuál de las siguientes alternativas es **correcta** respecto del enlace peptídico?
- Es un enlace iónico.
  - Se origina por la unión del hidrógeno de los grupos amino de ambos aminoácidos.
  - Se produce por la unión del grupo hidroxilo de los grupos carboxilos de ambos aminoácidos.
  - Se forma por la unión entre el grupo hidroxilo del grupo carboxilo de un aminoácido y el hidrógeno del grupo amino del otro aminoácido.
  - Ninguna de las anteriores.
6. Con respecto a la conformación  $\alpha$ -hélice es **incorrecto** señalar que:
- en general, las proteínas que forman la piel, adoptan la conformación  $\alpha$ -hélice.
  - los grupos radicales de los aminoácidos no participan en las uniones que le confieren estabilidad a la proteína.
  - la cadena polipeptídica se enrolla helicoidalmente debido a la gran cantidad de enlaces puentes de hidrógeno que existen.
- Solo I
  - Solo II
  - Solo III
  - II y III
  - I y II

## II Lee la información y, luego, responde las preguntas en tu cuaderno (2 puntos cada una).

La tripsina y la pepsina son dos enzimas que intervienen en la digestión de las proteínas. Ambas enzimas actúan a un pH óptimo: la tripsina, presente en el intestino, lo hace en un rango de pH de 7 a 9 y la pepsina, en el estómago, en un rango de 1,5 a 2,5. La tripsina se inactiva cuando el pH del medio está en un valor bajo 5 o sobre 10; en tanto, la pepsina lo hace cuando el medio tiene un pH inferior a 1 o superior a 4.

- Grafica la actividad enzimática de la tripsina y la pepsina, considerando sus pH óptimos y aquellos que se encuentran bajo o sobre estos (como referencia, ver página 53).
- ¿Qué le sucedería a la pepsina si el pH del estómago aumentara por sobre los niveles óptimos?, ¿qué nombre recibe este proceso?, ¿qué otros agentes pueden provocar un efecto similar?
- Explica por qué estas enzimas intervienen en la degradación de proteínas y **no** en la de carbohidratos. ¿A qué propiedad corresponde lo anterior?

## Me evalúo

Completa la tabla. Para estimar tu puntaje, sigue las indicaciones que te señalará tu profesor o profesora.

Debería	Ítem (preguntas)	Puntaje		¿Qué debo hacer?
		Total	Obtenido	
• Identificar la estructura y función biológica de las proteínas.	I (1, 2 y 5)	6		Según los puntajes logrados, realiza las actividades que te indicará tu profesor o profesora.
• Reconocer los niveles de organización de las proteínas.	I (3, 4 y 6)	6		
• Comprender en qué consiste la desnaturalización de una proteína e identificar los factores que regulan la actividad enzimática.	II (1, 2 y 3)	6		

## SÍNTESIS DE LA UNIDAD



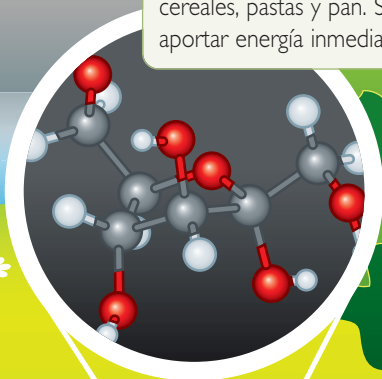
El **almidón** es un polisacárido producido por los vegetales a partir de la glucosa obtenida durante el proceso de fotosíntesis. Está formado por amilopectina y amilosa en distintas proporciones.

Las **proteínas** son polímeros formados por aminoácidos que cumplen variadas funciones en los seres vivos. Por ejemplo, la hemoglobina es una proteína globular cuya función es transportar el oxígeno en la sangre; las enzimas son otro tipo de proteínas que intervienen en muchas reacciones químicas al interior de la célula.

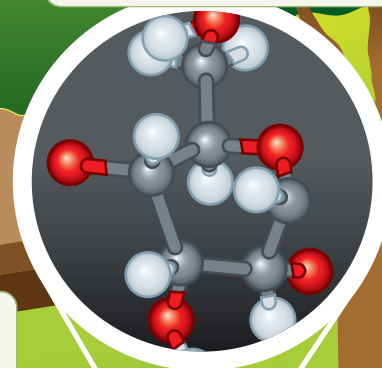
La **desnaturalización** es la alteración estructural de una proteína que tiene como consecuencia la pérdida de su funcionalidad. Las variaciones de pH y temperatura pueden ocasionarla.



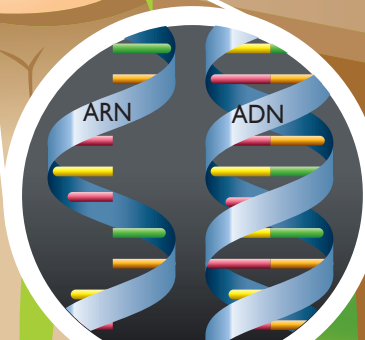
La **fructosa** es un monosacárido que está presente en la fruta y en la miel. Tiene la misma fórmula empírica que la glucosa; sin embargo, su estructura molecular es distinta. La **glucosa** es el más común de los monosacáridos y forma parte de la mayoría de los polisacáridos. La podemos encontrar en cereales, pastas y pan. Su principal función es aportar energía inmediata al organismo.



La **celulosa** es un polisacárido estructural de los vegetales; forma parte de la pared celular. Está constituida únicamente por monómeros de glucosa, unidos por un enlace  $\beta$ -glucosídico.



El **ADN** almacena la información genética que es transmitida a la descendencia. El **ARN** transporta la información genética del ADN, desde el núcleo hacia el citoplasma, donde es traducida, leída y puede expresarse.



Los **ácidos nucleicos** son biopolímeros presentes en el núcleo y citoplasma de la célula. Las unidades básicas son los nucleótidos, que están constituidos por: pentosa, grupo fosfato y bases nitrogenadas.

### Trabaja con la información

A partir de lo aprendido en esta Unidad responde las siguientes preguntas y comenta tus respuestas con tus compañeros y compañeras.

1. ¿Qué diferencias estructurales existen entre el almidón y la celulosa? Explica.
2. ¿Cuántos niveles estructurales pueden presentar las proteínas? Representa cada nivel mediante un dibujo.
3. ¿Qué diferencias hay entre el ADN y el ARN? Explica.
4. ¿En qué procesos celulares intervienen los ácidos nucleicos?

## QUÍMICA EN LA HISTORIA



**Friedrich Wöhler**  
(1800-1882)

Químico alemán y pedagogo. Es considerado un precursor de la química orgánica.

Famoso por la síntesis de un compuesto orgánico llamado urea, lo que tuvo gran repercusión, ya que hasta entonces se pensaba que los compuestos orgánicos no podían ser sintetizados en laboratorios. También realizó importantes investigaciones sobre el ácido úrico. Escribió varios textos de química orgánica e inorgánica.



**Hermann Emil Fischer**  
(1852-1919)

Químico alemán. Al inicio del siglo XX, describió el enlace peptídico y definió las proteínas como cadenas donde existe la repetición de una serie de elementos. A partir de esto se identificaron todos los aminoácidos. Propuso el modelo de “llave cerradura” para explicar el tipo de especificidad que se produce entre dos moléculas. También determinó la estructura molecular de la glucosa y la fructosa, entre otros. Varios procesos químicos llevan su nombre: proyección de Fischer; síntesis de péptidos de Fischer; reducción de Fischer, entre otros.



**Linus Pauling**  
(1901-1994)

Químico estadounidense, fue uno de los científicos más importantes del siglo XX. Obtuvo los Premios Nobel de Química (1954) y el de la Paz (1962), por su campaña contra las guerras nucleares. Fue uno de los fundadores de la biología molecular. Realizó importantes trabajos sobre los enlaces químicos y la estructura de las proteínas; investigó sobre la importancia de las uniones débiles, centrándose en los enlaces puentes de hidrógeno; describió por primera vez, hacia 1940, la estructura de la hélice alfa (la forma de enrollamiento secundario de las proteínas).





**Jacques Monod**  
(1910-1976)

Biólogo francés. Fue condecorado con la Cruz de Guerra por sus servicios en la resistencia francesa durante la Segunda Guerra Mundial. Fue pionero en la biología molecular obtuvo el Premio Nobel de Medicina por sus descubrimientos relacionados con el control genético de las enzimas y síntesis de virus.

En conjunto con François Jacob, postulan el primer modelo de regulación de la expresión genética, conocido como operón lac.



**James Watson**  
(1928-)

Nació en Chicago, Estados Unidos. Biólogo y zoólogo, propuso junto con Francis Crick el modelo de doble hélice del ADN. Este modelo postula la existencia de una doble hélice con hebras antiparalelas, las que se mantienen unidas gracias a la complementariedad de las bases nitrogenadas y los puentes de hidrógeno que se establecen entre ellas. Por este trabajo obtuvieron el Premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1962. Además, participó en el proyecto Genoma Humano.



**Har Gobind Khorana**  
(1922-)

Biólogo molecular, nacido en la India británica. Obtuvo la nacionalidad estadounidense en 1966. En la actualidad reside en Cambridge, Massachusetts y trabaja en la Facultad de Química del MIT. En 1968 recibió el Premio Nobel de Fisiología o Medicina (compartido con Robert W. Holley y Marshall W. Nirenberg) por sus estudios en la interpretación del código genético y su función en la síntesis de proteínas.

### Trabaja con la información

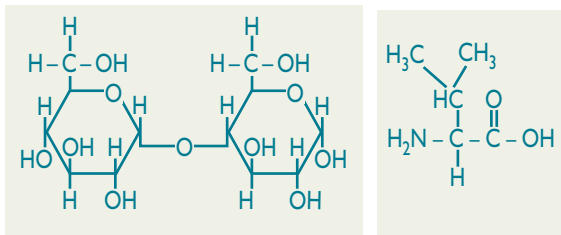
Lee las siguientes preguntas y coméntalas con tus compañeros y compañeras.

1. ¿De qué manera se pueden relacionar los diferentes descubrimientos citados en estas páginas?
2. ¿Piensas que es importante que la sociedad y los gobiernos consideren las ideas y aportes de los científicos en temáticas que están relacionadas con la ética, política u otras áreas?, ¿por qué?
3. ¿Por qué crees que es importante que exista una conexión directa entre las diferentes disciplinas científicas; por ejemplo, entre la Química y la Biología?
4. De los científicos señalados, ¿cuál te parece más interesante? Investiga en distintas fuentes sobre su vida y aportes a la ciencia. Luego, prepara una breve disertación para el grupo curso.

## EVALUACIÓN FINAL

## I Lee las siguientes preguntas y selecciona la alternativa correcta.

1. ¿A qué biomoléculas corresponden las siguientes estructuras moleculares, respectivamente?

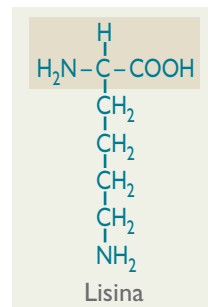


- A. Nucleótido y aminoácido.  
 B. Pentosa y aminoácido.  
 C. Disacárido y aminoácido.  
 D. Polisacárido y ácido nucleico.  
 E. Ácido nucleico y aminoácido.
2. El ADN se diferencia del ARN en:
- I. una base nitrogenada.  
 II. el grupo fosfato.  
 III. la pentosa.
- A. Solo I  
 B. Solo II  
 C. I y III  
 D. II y III  
 E. I, II y III
3. Un investigador ha marcado uracilo con un compuesto radiactivo que permite localizar dicho monómero en el interior celular; y lo ha inyectado en el núcleo de las células de dos cultivos. Solo en un cultivo añadió una toxina X. Luego detectó que en el cultivo sin la toxina X el uracilo estaba presente en el núcleo y en el citoplasma; mientras que en el con la toxina X el uracilo solo se localizaba en el núcleo. ¿Cuál es el efecto más probable de esa toxina sobre el funcionamiento celular?
- A. Bloqueo de la replicación.  
 B. Bloqueo de la traducción.  
 C. Bloqueo de la transcripción.  
 D. Bloqueo de la síntesis de nucleótidos.  
 E. Ninguna de las anteriores.

4. ¿Qué le ocurriría al aminoácido lisina si es expuesto a un medio ácido?

- I. Se comportaría como un ácido.  
 II. Se comportaría como una base.  
 III. Se neutralizaría.  
 IV. No le sucedería nada, ya que presenta una estructura estable.

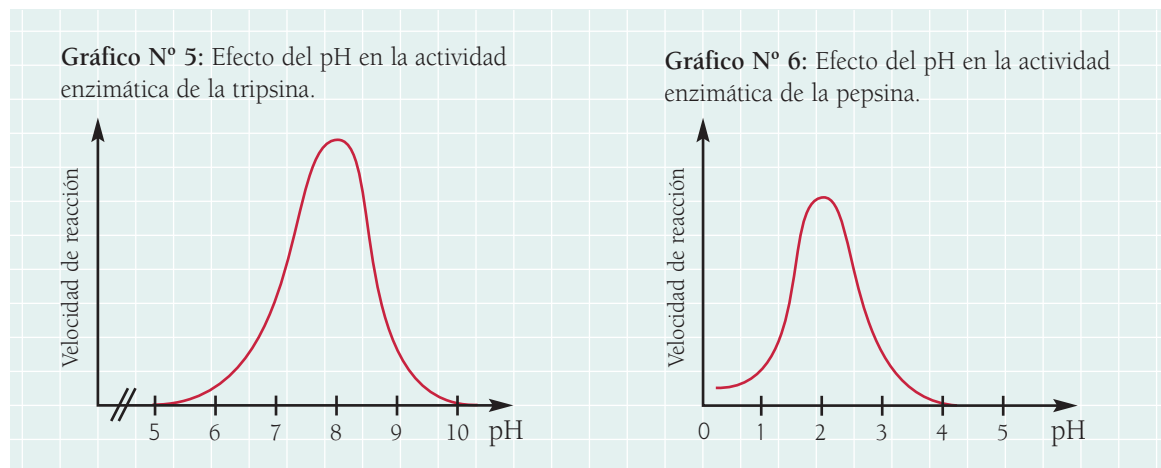
- A. Solo I  
 B. Solo II  
 C. Solo III  
 D. Solo IV  
 E. I y II



5. ¿Cuál de las siguientes alternativas es **correcta** con respecto a las proteínas?
- A. Son polímeros de aminoácidos.  
 B. Resisten cambios de pH y temperatura.  
 C. Presentan una estructura primaria de  $\alpha$ -hélice.  
 D. Contienen bases nitrogenadas en su estructura.  
 E. La hemoglobina es un ejemplo de proteína de estructura secundaria.
6. Con respecto al enlace peptídico, es **incorrecto** que:
- I. se establece entre los grupos amino de dos aminoácidos contiguos.  
 II. se establece entre los grupos carboxilo de dos aminoácidos contiguos.  
 III. se establece entre los grupos amino y carboxilo de dos aminoácidos.
- A. Solo I  
 B. Solo II  
 C. Solo III  
 D. I y II  
 E. II y III

## II Observa, analiza y responde.

1. Observa los siguientes gráficos y, luego, responde las preguntas en tu cuaderno.



Fuente: Archivo Editorial.

- ¿Cuál es el pH óptimo de cada enzima?, ¿a qué nos referimos con pH óptimo?
  - ¿Qué ocurriría si la enzima tripsina fuera expuesta a un medio ácido?, ¿por qué?
  - ¿Qué factores pueden alterar la funcionalidad de una enzima?
  - ¿Qué uniones intermoleculares se ven alteradas por estos factores? Explica.
  - La pepsina es una enzima presente en el estómago que participa en el proceso de digestión de las proteínas. ¿Por qué solo interviene en la digestión de péptidos?, ¿a qué propiedad de las enzimas corresponde esta característica?
2. Un grupo de investigadores analizó una muestra orgánica, encontrando cuatro tipos de proteínas diferentes, las que caracterizaron según la información que se señala en el siguiente cuadro.

Proteína	Caracterización de las proteínas analizadas
1	Cadena polipeptídica que ya encontrándose enrollada, al plegarse, adopta una estructura globular.
2	Cadena polipeptídica con secuencia lineal.
3	Unión de cuatro cadenas polipeptídicas. Las cadenas se mantienen unidas por interacciones débiles.
4	Cadena polipeptídica enrollada en forma helicoidal en torno a su propio eje.

- Indica a qué tipo de nivel estructural corresponde la descripción señalada para cada proteína.
- ¿Qué tipo de uniones se establecen entre los aminoácidos que conforman la proteína 1?
- Según lo estudiado, ¿en cuál de los niveles estructurales la proteína adopta una estructura tridimensional?
- ¿Por qué la estructura terciaria de una proteína depende de sus estructuras primaria y secundaria?

## EVALUACIÓN FINAL

**III Lee, aplica y responde las siguientes preguntas en tu cuaderno.**

1. Para extraer ADN de un tejido se puede realizar el siguiente procedimiento: se trituran 10 g de hígado de pollo con 50 mL de agua potable en una licuadora. Luego se filtra varias veces sobre el papel filtro. Se agrega al filtrado un volumen igual de una solución acuosa 2 M de NaCl. A continuación se agrega 1 mL de detergente al 20% para formar un complejo de proteínas y separarlas del ADN. Se añaden 50 mL de alcohol de 96°. En la interfase, precipita el ADN.
  - a. ¿Qué crees que se obtiene al triturar el tejido con agua en la licuadora?
  - b. ¿Cuál es el objetivo de adicionar la solución acuosa de NaCl 2 M?
  - c. ¿Por qué piensas que es necesario agregar alcohol de 96°? Explica.
  
2. Se colocaron unos trocitos de pescado en un tubo de ensayo y luego se les agregó jugo de limón hasta que los trozos quedaron sumergidos. Se dejaron reposar durante media hora. Finalmente se agregaron unas gotas de solución de bicarbonato de sodio.
  - a. ¿Qué debería suceder al agregar jugo de limón a la carne de pescado? Explica.
  - b. ¿Qué factor es el responsable de este cambio?
  - c. ¿Por qué se le agregó bicarbonato de sodio a la mezcla?
  - d. ¿Qué otros factores puede generar un efecto similar al descrito? Explica.
  
3. A continuación se indica la secuencia de bases nucleotídicas para un ARNm:
 

ARNm= -A - G - C - G - U - U - C - U - A - A - G - C - G - C - C -

  - a. Indica el número de codones de este ARN mensajero.
  - b. ¿Cuántos aminoácidos tendría el polipéptido que codifica?
  - c. ¿Qué ocurriría con la expresión génica si se inhibiera el proceso de transcripción? Explica.

**Lo que ahora sé**

Te invitamos a que vuelvas a contestar en tu cuaderno las preguntas de la sección *Lo que sé*, de la página 50. Luego, compara tus respuestas iniciales con las señaladas en esta instancia. Además, responde las preguntas que planteaste en la sección *Lo que me gustaría saber*.

1. ¿Qué contenidos de la Unidad te resultaron más difíciles de aprender?, ¿a qué crees que se debe?
2. Con respecto a tu respuesta anterior, ¿cómo te hubiera resultado más fácil aprenderlos?
3. ¿Cuáles fueron los contenidos que aprendiste con mayor facilidad?, ¿a qué lo atribuyes?
4. ¿Cuál fue la técnica que más utilizaste para aprender los contenidos de esta Unidad?



## Proyecto científico

### Unidad 2

### Salud y alimentación: evaluación del estado nutricional de las personas

#### Antecedentes

En los últimos años se ha registrado un aumento en los índices de obesidad y sobrepeso en Chile. La principal causa de algunas enfermedades crónicas no transmisibles (hipertensión arterial, diabetes, cáncer) está vinculada a una mala alimentación y a un estilo de vida sedentario. Existe una visible proliferación de comidas envasadas con altos contenidos de grasa, azúcares y sal, siendo necesario controlar su consumo. Para eso se requiere conocer el estado nutricional de las personas, a fin de ayudarlos a tomar medidas para disminuir los factores de riesgos que influyen en el desarrollo de las enfermedades ya señaladas.

#### 1. Objetivo

- Deben enunciar de manera clara y precisa los objetivos de la investigación y, a partir de estos, planificar (metodología, procedimiento, materiales, entre otros) el proyecto. Un trabajo de investigación es evaluado por el logro de los objetivos planteados.

#### 2. Planificación

- Organícense en grupos de trabajo y seleccionen información que les permita evaluar el estado nutricional de una muestra determinada.
- Definan la muestra (ejemplo: compañeros y compañeras del colegio).
- Consiga una balanza de pie y una huincha de medir.
- Elaboren una encuesta que incorpore preguntas sobre hábitos alimenticios y actividad física.
- En diversas fuentes escritas, busquen información sobre el Índice de Masa Corporal (IMC) y cómo calcularlo.
- Diseñen una forma de registrar y comparar los datos obtenidos.

#### 3. Ejecución

- Una vez planificado el proyecto, realicen la experiencia. Sean rigurosos al momento de llevar a cabo cada etapa y analicen aquellos factores que no contemplaron inicialmente en el diseño del proyecto y que pueden influir en sus resultados.

#### 4. Evaluación y análisis

- Una vez finalizada la evaluación del estado nutricional de la muestra seleccionada, evalúen su procedimiento a través de una pauta de cotejo, donde comparen los resultados esperados con los obtenidos a partir de la realización de las actividades. Identifiquen las dificultades que se les presentaron tanto en la planificación como en la ejecución del proyecto y las acciones que emplearon para resolverlas.

#### 5. Proyección

- A partir de los resultados obtenidos, ¿de qué manera motivarían a la comunidad educativa a cambiar aquellos hábitos alimenticios inadecuados y el estilo de vida sedentario?

# Materia y energía: radiactividad natural e inducida

Los núcleos atómicos encierran secretos que los científicos han ido develando en el tiempo y así han podido dar explicación a muchos fenómenos que son consecuencia de sus propiedades. La enorme cantidad de energía que hay en los núcleos puede liberarse a través de reacciones nucleares que ocurren de manera natural y otras que son inducidas y controladas por el ser humano.

La energía nuclear puede ser aprovechada para diversos fines: unos bélicos, que destruyen, y otros pacíficos, que construyen. Entre los usos pacíficos destaca su aplicación en diversas áreas de la medicina, la industria y la agricultura.

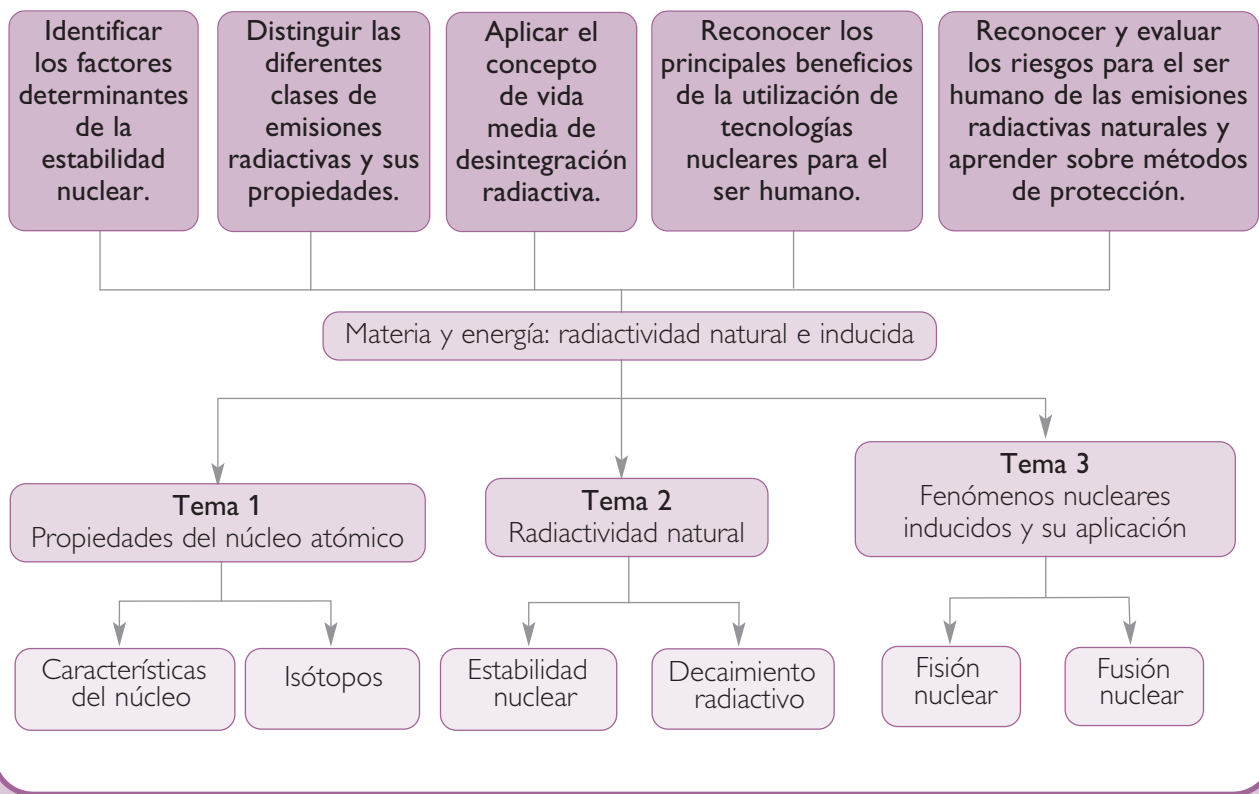


## Lo que sé

Lee y comenta las siguientes preguntas con tus compañeros y compañeras.

1. ¿Cómo es el núcleo de los átomos?, ¿qué partículas lo constituyen?
2. ¿Cómo crees que se obtiene la energía del núcleo atómico?
3. ¿Has oído hablar de la radiactividad?, ¿cómo piensas que se produce?
4. ¿Qué aplicaciones beneficiosas para el ser humano tiene la utilización de isótopos radiactivos?
5. ¿Cuáles son los peligros de manipular sustancias radiactivas? Explica.

## Lo que aprenderé



## Conversemos

Lee la siguiente información y, luego, comenta las preguntas con tus compañeros y compañeras.

La fabricación y utilización de armas nucleares es, sin lugar a dudas, uno de los capítulos más lamentables de la historia de la humanidad. En 1945, dos ciudades de Japón sufrieron la devastación de un ataque nuclear, a manos de tropas estadounidenses. Las emisiones radiactivas y las altísimas temperaturas y energías generadas por las bombas atómicas significaron para algunos habitantes de Hiroshima y Nagasaki, y seres vivos allí presentes, la muerte de manera instantánea, y para el medioambiente, innumerables efectos nocivos.

1. ¿Qué opinas de la investigación y desarrollo de la energía nuclear?
2. ¿Conoces alguna aplicación pacífica de este tipo de energía? Explica.
3. ¿Qué opinas sobre el ataque nuclear que afectó a Hiroshima y Nagasaki?
4. ¿Por qué crees que la energía nuclear se sigue utilizando?



## EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA

**I** Lee las siguientes preguntas y selecciona la alternativa correcta.

- ¿Cuál de los siguientes personajes planteó, por primera vez, la existencia del átomo?
  - Platón.
  - Dalton.
  - Thomson.
  - Aristóteles.
  - Demócrito.
- ¿Qué representan los rayos catódicos en la experiencia en tubos de descarga?
  - Protones.
  - Neutrones.
  - Electrones.
  - Partículas alfa.
  - Átomos neutros.
- ¿Qué representa el número másico de un elemento?
  - El número de protones.
  - La cantidad de electrones.
  - El número de neutrones.
  - La suma de protones y electrones.
  - La suma de la cantidad de protones y neutrones.
- ¿Qué representan los orbitales atómicos en el modelo atómico actual?
  - Distancia del electrón al núcleo.
  - Disposición de los neutrones en el núcleo.
  - Posición exacta donde se ubican los electrones.
  - Región de probabilidad de encontrar electrones.
  - Trayectoria definida del electrón alrededor del núcleo.
- El átomo de flúor se convierte en un ion al ganar  $1 e^-$ . ¿Con cuántos electrones queda? (F:  $Z=9$ ).
  - $2 e^-$
  - $4 e^-$
  - $7 e^-$
  - $9 e^-$
  - $10 e^-$
- El átomo de sodio puede perder  $1 e^-$ . ¿Cuántos electrones tiene este nuevo ion? (Na:  $Z=11$ ).
  - $7 e^-$
  - $9 e^-$
  - $10 e^-$
  - $11 e^-$
  - $12 e^-$

**II** Lee y analiza las siguientes preguntas.

- La tabla muestra la composición de algunos átomos. Analiza e identifica:

- átomos neutros.
- iones positivos.
- iones negativos.

Átomo	A	Z	$p^+$	$e^-$	n
A	12	6	6	6	6
B	14	7	7	10	7
C	40	20	20	18	20
D	32	16	16	16	16

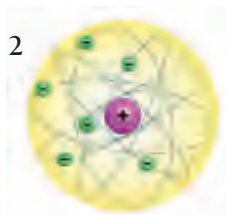
2. Completa la tabla y define, brevemente, qué es un isótopo.

Isótopo	Z = número atómico	A = número másico	Composición
${}^1_6\text{C}$			6 protones 6 neutrones 6 electrones
${}^{13}_6\text{C}$			
${}^1_1\text{H}$			
${}^2_1\text{H}$			
${}^3_1\text{H}$			1 protón 2 neutrones 1 electrón

3. Observa las siguientes imágenes, que representan algunos de los modelos atómicos propuestos a lo largo de la historia. Relaciónalas con el personaje que los postuló.




A. Dalton.




B. Thomson.




C. Rutherford.

- Ordénalos según el orden cronológico en que fueron postulados estos modelos atómicos.

### Lo que me gustaría saber

Te invitamos a que, a partir de la sección *Lo que aprenderé*, de la página 91, y de tus conocimientos e inquietudes, escribas en tu cuaderno cuatro o cinco preguntas sobre la radiactividad y propiedades del núcleo atómico cuya respuesta te gustaría encontrar en esta Unidad.

# Tema 1

## Propiedades del núcleo atómico

### Actividad exploratoria

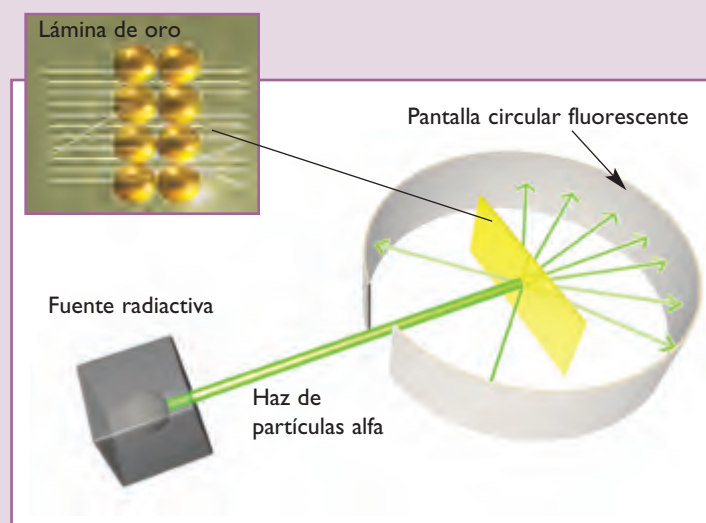
### Modelo atómico de Rutherford

#### A. Antecedentes

En 1903, Thomson postuló el modelo atómico que se ha denominado “budín de pasas”. En este modelo, los átomos eran representados como esferas sólidas de materia cargada positivamente de manera uniforme, con los electrones, de carga negativa, incrustados en un número adecuado, para que, de este modo, la carga total del átomo fuese nula. Años más tarde, y con el propósito de tener una idea más exacta sobre la estructura interna del átomo, Ernest Rutherford junto con su equipo de trabajo, aplicando la técnica de dispersión por choque, realizaron el experimento que se describe a continuación.

#### B. Procedimiento

Observa la siguiente imagen que representa el experimento efectuado por Rutherford y lee la información.



Rutherford bombardeó, desde una fuente radiactiva, una delgada lámina de oro, con un tipo de partículas cargadas positivamente. Alrededor de la lámina puso una pantalla circular fluorescente, la que le permitió detectar las partículas que atravesaban o se desviaban por la lámina de oro. Los resultados obtenidos fueron inesperados para Rutherford y se traducen, básicamente, en: la mayoría de las partículas alfa atraviesaban la lámina sin desviarse o con una pequeña desviación; una pequeña fracción rebotaba en la lámina hacia la fuente radiactiva emisora, y algunas de las partículas, que atravesaban la lámina, se desviaban con ángulos muy grandes.

#### C. Análisis y conclusiones del experimento

Lee y responde las siguientes preguntas.

1. ¿Por qué Rutherford utilizó una pantalla circular fluorescente? Explica.
2. ¿Cómo crees que es la composición atómica de la lámina de oro?, ¿por qué?
3. ¿Qué habría sucedido si el modelo atómico de Thomson hubiese sido correcto?
4. ¿Qué pudo concluir Rutherford a partir del experimento realizado? Explica.
5. ¿Qué hipótesis piensas que formuló Rutherford anterior y posteriormente a la realización del experimento?



## 1. Núcleo atómico

¿Quiénes fueron los primeros en imaginar el interior de la materia?, ¿qué resultados experimentales han demostrado la existencia de los átomos?, ¿qué científicos contribuyeron a dilucidar la estructura atómica? Todas estas interrogantes, y muchas otras, ya fueron respondidas cuando estudiaron el átomo y su estructura.

En la *Actividad exploratoria*, pudiste analizar el experimento realizado por Rutherford, a través del cual se pudo concluir que el átomo posee un núcleo donde se concentra más del 99% de la masa que tiene carga positiva. El resto del átomo es un espacio prácticamente vacío, donde se ubican electrones girando alrededor del núcleo, los que describen órbitas circulares y constituyen la corteza atómica. Tiempo después, el científico danés Niels Bohr perfeccionó el modelo de Rutherford, asignándoles a los electrones lugares definidos en órbitas que giraban en torno al núcleo. A partir de 1925, el modelo atómico de Bohr fue objeto de sucesivas modificaciones hasta llegar al modelo actual; que es un modelo matemático, que explica el comportamiento del electrón en átomos con varios electrones. En 1932, James Chadwick descubrió otra partícula presente en el átomo; el neutrón, que carece de carga eléctrica y posee una masa muy semejante a la del protón.

Así, se llegó a definir la estructura básica del núcleo del átomo, que contiene en su interior protones (partículas positivas,  $p^+$ ) y neutrones (partículas neutras,  $n$ ) y orbitando a su alrededor están los electrones (partículas negativas,  $e^-$ ). Las partículas que se encuentran en el interior del núcleo reciben el nombre de **nucleones**.



Con el fin de aclarar más la estructura atómica, Ernest Rutherford (1871-1937), a partir de sus estudios sobre la penetrabilidad de las radiaciones alfa, planteó la existencia del núcleo atómico, hipótesis hoy plenamente confirmada.

### Actividad 1

### Aplicar

Recuerda que para caracterizar un átomo es necesario conocer su número atómico y número másico. El número atómico ( $Z$ ) corresponde al número de protones ( $p^+$ ) contenidos en el núcleo; en tanto, el número másico ( $A$ ) es la suma del número de protones y de neutrones ( $p^+ + n$ ) en el núcleo. Completa la tabla con los datos correspondientes para los siguientes átomos. Luego, responde las preguntas en tu cuaderno.

Elemento	Símbolo	$Z$	$p^+$	$n$ (neutrones)	$e^-$	$A$
Plomo		82		125		
Cobalto			27			60
Aluminio				14		27

1. ¿Cuál de los elementos señalados en la tabla es el más pesado?
2. ¿Qué partículas se encuentran en mayor abundancia al interior del núcleo?
3. ¿Por qué en el átomo el número de protones debe ser igual al de electrones?, ¿qué sucede si hay más partículas positivas que negativas?, ¿qué nombre recibe ese átomo?

## DESARROLLO DE CONTENIDOS

**Conceptos clave**

**isótopos:** del griego iso = igual; topos = lugar. Corresponden a átomos de un mismo elemento que contienen diferente número de neutrones en su núcleo.

**Actividad 2****Comparar**

Utilizando los datos de la tabla N° 1, calcula y compara la masa atómica promedio del carbono, del hidrógeno y del nitrógeno.

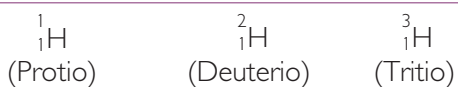
Recuerda que la masa de los átomos se mide en unidades de masa atómica (*uma*). Para cada isótopo de un elemento, el valor de la masa atómica es prácticamente igual a su número másico.

**1.1. 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. Los llamó **isótopos**. Por ejemplo, el neón tiene tres tipos de átomos: algunos con  $A=20$ , y otros con  $A=21$  y  $A=22$ . Como el neón posee un  $Z=10$ , todos tienen 10 protones en su núcleo, solo varía el número de neutrones, es decir, son todos isótopos del neón. Para anotar los isótopos de un átomo, basta escribir el nombre o símbolo del elemento seguido de un guión y, luego, el número másico. Por ejemplo, carbono-14 (C-14).

Otra forma de simbolizar un isótopo es la siguiente: se escribe el número másico ( $A$ ) como superíndice y el número atómico ( $Z$ ) como subíndice. Estos números se anotan a la izquierda del símbolo del elemento ( $E$ ). De esta manera:  ${}^A_Z E$

Así, por ejemplo, los isótopos del elemento hidrógeno son:



Cuando caracterizamos un núcleo por su número atómico y por su número másico lo llamamos **núcleo**.

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.

**Tabla N° 1:** Composición isotópica de los elementos hidrógeno, carbono y nitrógeno.

Nombre del núcleo	Abundancia en la naturaleza	Número atómico (Z)	Número másico (A)	Protones	Neutrones
Hidrógeno-1	99,985	1	1	1	0
Hidrógeno-2	0,015	1	2	1	1
Hidrógeno-3	Trazas	1	3	1	2
Carbono-12	98,89	6	12	6	6
Carbono-13	1,10	6	13	6	7
Carbono-14	Trazas	6	14	6	8
Nitrógeno-14	99,63	7	14	7	7
Nitrógeno-15	0,37	7	15	7	8

Fuente: Archivo editorial.

## 2. ¿Qué mantiene unidas a las partículas del núcleo?

Parece extraño y contradictorio que el núcleo atómico, un espacio tan pequeño, pueda contener partículas de igual carga eléctrica, tan próximas entre sí. Para entenderlo, 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 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.

### ¿De dónde proviene la energía que mantiene unidas a las partículas del núcleo?

Imagina que tienes una manzana y la partes por la mitad; la suma de ambos trozos equivale a la masa total de la manzana. Algo que resulta tan evidente no ocurre a nivel atómico, pues si se mide la masa de los nucleones (neutrones y protones) unidos, se obtiene un valor mayor con respecto al de la masa de los neutrones y protones por separado. ¿Por qué existe esta diferencia de masa?

Para resolver esta interrogante, Albert Einstein (1879-1955) planteó que la masa no se pierde ni se crea, sino que se transforma en energía, la que es necesaria para mantener unidas a las partículas del núcleo, según la relación de equivalencia masa-energía expresada a continuación:

$$E = m \cdot c^2$$

Donde  $c$  representa la velocidad de la luz,  $3 \times 10^8$  m/s.

Si la variación de masa es  $m$  (masa final – masa inicial), entonces la energía que mantiene ligadas las partículas del núcleo es:

$$E = m \cdot c^2$$

Al encontrarse la masa en kilogramos, la energía de ligadura  $E$  se expresa en joules (unidad de energía del SI). Esta ecuación nos indica que parte de la masa del núcleo tiene una equivalencia en energía, la que se necesita para mantener los protones y neutrones unidos.

### Actividad 3

### Aplicar

Lee y responde por escrito las siguientes preguntas.

1. Si 0,1 mg ( $1 \times 10^{-7}$  kg) de masa de un pequeño grano de sal se transforma en energía, ¿cuánto vale  $E$ ? (Ten en cuenta que la masa final es cero y la inicial es 0,1 mg).
2. ¿Cuánta masa de carbón se necesita quemar para obtener la misma energía, del punto 1 si la combustión de 1 mol libera 394 kJ? Explica.

## TALLER CIENTÍFICO

## ¿Qué relación se puede establecer entre la fuerza magnética y la fuerza nuclear?

### A. Observación

Como ya estudiamos, la fuerza nuclear fuerte actúa entre los nucleones (partículas constituyentes del núcleo, es decir, protones y neutrones). Esta fuerza tiene efectos en distancias del orden de los  $10^{-15}$  m. La fuerza nuclear se explica a través de la acción de otras partículas más pequeñas y de masa casi nula, llamadas mesones. Es así que los protones y/o neutrones se atraen entre sí por el intercambio de mesones. A continuación, te proponemos una actividad para establecer una analogía entre la fuerza magnética y la nuclear.



### B. Diseño experimental

**Materiales:**

Reúnanse en parejas y consigan dos imanes. Luego, realicen el procedimiento que se describe a continuación.

**Procedimiento**

1. Acerquen ambos imanes por sus polos opuestos, hasta que queden unidos.
2. Traten de separar los imanes manteniendo una mínima distancia de separación entre ellos. Observen y registren lo que sucede.

#### Tips

Los mesones son partículas elementales responsables de mantener los nucleones (protones y neutrones) unidos.

### C. Análisis y conclusiones

- a. ¿Es necesario aplicar energía para separar los imanes? Expliquen.
- b. Si estableciéramos una relación entre los imanes y el núcleo atómico, ¿qué representaría cada uno de los imanes?
- c. ¿Existe pérdida de masa de los imanes cuando estos son separados?
- d. ¿Qué similitudes y diferencias se pueden establecer entre la fuerza magnética y la nuclear?
- e. ¿Podrá explicarse la fuerza magnética en términos del intercambio de alguna partícula? Averigüen.

#### Conversemos

Comenten con sus compañeros y compañeras en torno a las siguientes preguntas.

1. ¿Trabajé de manera rigurosa y ordenada?
2. ¿Aporté con ideas para el establecimiento de conclusiones?
3. ¿Respeté las ideas planteadas por mis compañeros y compañeras?

### EJEMPLO RESUELTO 1

#### Calcular la masa atómica promedio

Los átomos de un elemento tienen isótopos que difieren en el número de neutrones, y, por lo tanto, en sus masas atómicas. La masa atómica promedio de un elemento se establece considerando la abundancia de cada uno de los isótopos en la naturaleza.

Se sabe que el carbono tiene tres isótopos (el isótopo C-14, ampliamente utilizado en la estimación de las edades de fósiles orgánicos, se encuentra en muy baja proporción en la naturaleza, por lo que su aporte se puede despreciar), y que la abundancia del isótopo C-12 es 98,89% y del isótopo C-13 es de 1,11%. ¿Cuál es la masa atómica promedio del carbono?

1. A partir de los datos se puede establecer que el isótopo C-12 es mucho más abundante que el C-13, por lo que es lógico pensar que la masa atómica promedio estará en un rango más cercano al primero que al segundo. Desde el punto de vista matemático, esto se logra multiplicando la masa de cada isótopo por un factor que represente la importancia (abundancia en la naturaleza) que este tiene.
2. Se aplica la siguiente fórmula matemática para estimar la masa atómica promedio del carbono:

$$C = \frac{(12 \times 98,89\%) + (13 \times 1,11\%)}{100\%}$$

### 3. Respuesta

La masa atómica promedio del C es 12,0111 u.

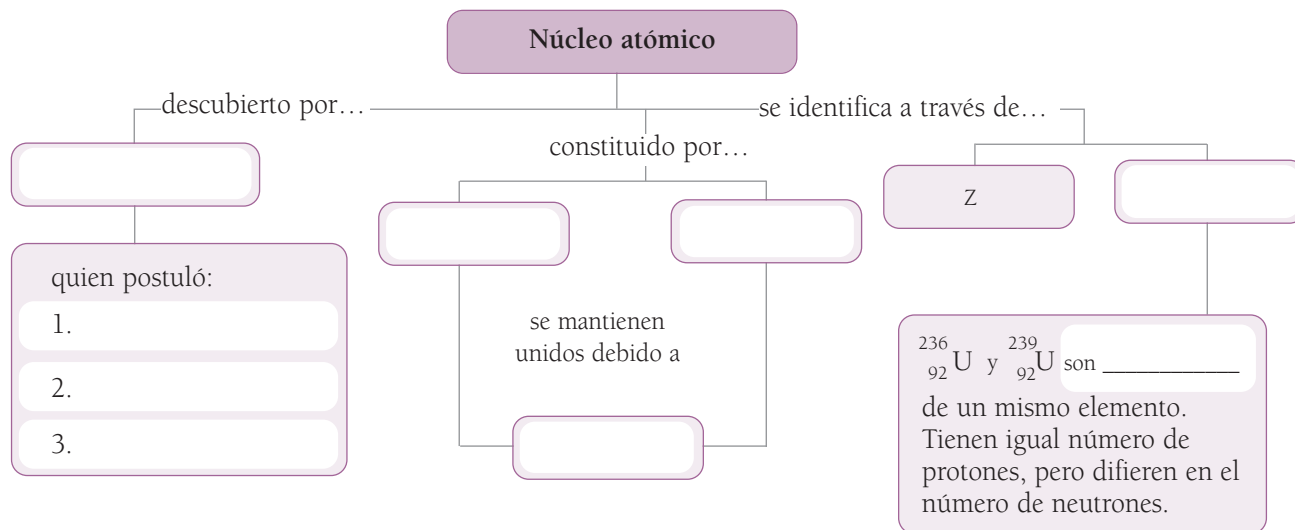
#### PARA TRABAJAR

1. El cloro tiene dos isótopos, cuya abundancia en la naturaleza es Cl-35: 75,5%; Cl-37: 24,5%.
  - a. ¿Cuál es la masa atómica promedio del cloro? Considera que la masa atómica del cloro-35 es 35 u, y la del Cl-37 = 37 u.
  - b. Si dispusiéramos de 80 g de cloro, ¿a qué masa correspondería cada isótopo (asumiendo la misma abundancia)?
2. El elemento galio tiene dos isótopos: Ga-69 y Ga-71. La masa atómica promedio del galio es 69,72 u. ¿Cuál es la abundancia relativa de cada isótopo?

## SÍNTESIS - EVALUACIÓN DE PROCESO

## Síntesis del Tema 1

Lee y completa el siguiente esquema que resume los principales conceptos tratados en el Tema 1.



## Evaluación de proceso

**I** Lee las siguientes preguntas y marca la alternativa correcta (2 puntos cada una).

1. ¿Cuántos protones y neutrones tiene el azufre-31? Recuerda que la especie neutra posee 16 electrones.
  - A. 2 protones y 16 neutrones.
  - B. 16 protones y 31 neutrones.
  - C. 16 protones y 15 neutrones.
  - D. 15 protones y 16 neutrones.
  - E. 31 protones y 16 neutrones.
2. Cierta elemento químico tiene 22 protones, 20 electrones y 26 neutrones. ¿De qué isótopo se trata?
  - A.  ${}_{47}^{26}\text{Fe}$
  - B.  ${}_{48}^{26}\text{Fe}$
  - C.  ${}_{48}^{22}\text{Ti}$
  - D.  ${}_{48}^{22}\text{Ti}^{2-}$
  - E.  ${}_{48}^{22}\text{Ti}^{2+}$
3. ¿Cuántos electrones, protones y neutrones hay en un átomo de  ${}_{35}^{80}\text{Br}^-$ ?
  - A. 35 electrones, 36 protones y 45 neutrones.
  - B. 80 electrones, 35 protones y 45 neutrones.
  - C. 36 electrones, 35 protones y 45 neutrones.
  - D. 125 electrones, 80 protones y 35 neutrones.
  - E. 45 electrones, 36 protones y 35 neutrones.
4. ¿Cuál de las siguientes series corresponde a isótopos?
  - A.  ${}_{8}^{16}\text{O}$ ;  ${}_{8}^{17}\text{O}$ ;  ${}_{8}^{18}\text{O}$
  - B.  ${}_{1}^{1}\text{H}$ ;  ${}_{2}^{4}\text{He}$ ;  ${}_{1}^{2}\text{H}$
  - C.  ${}_{8}^{16}\text{C}$ ;  ${}_{8}^{17}\text{N}$ ;  ${}_{8}^{18}\text{O}$
  - D.  ${}_{8}^{26}\text{O}$ ;  ${}_{8}^{27}\text{N}$ ;  ${}_{8}^{28}\text{O}$
  - E.  ${}_{92}^{238}\text{U}$ ;  ${}_{91}^{239}\text{Pa}$ ;  ${}_{90}^{235}\text{Th}$



5. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones con respecto del átomo y sus partículas es falsa?
- Casi toda la masa del átomo está concentrada en el núcleo.
  - El volumen de los electrones es muy grande en relación al núcleo.
  - En un átomo neutro, el número de electrones y protones es siempre el mismo.
  - La fuerza que mantiene unida a las partículas del núcleo se llama interacción nuclear fuerte.
  - Los protones y los neutrones se encuentran a una pequeña distancia unos de otros.
6. ¿Qué representa el símbolo  $^{18}_8\text{O}$ ?
- Ocho átomos de oxígeno con dieciocho neutrones.
  - Un átomo de oxígeno con ocho protones y diez neutrones.
  - Un átomo de oxígeno con ocho neutrones y diez protones.
  - Un átomo de oxígeno con ocho protones y diez electrones.
  - Dieciocho átomos de oxígeno con ocho neutrones cada uno.

## II Lee y responde las siguientes preguntas (2 puntos cada una).

- La abundancia relativa en la naturaleza de cada uno de los isótopos del neón es: 90,0% de Ne-20, 0,27% de Ne-21 y 9,73% de Ne-22. Calcula la masa atómica promedio del neón.
- La composición isotópica del uranio es la siguiente: 99,28% de U-238 y 0,72% de U-235. Calcula su masa atómica promedio.
- Un isótopo de  $Z = 56$  y  $A = 141$  tiene una masa atómica de valor 140,91 u. La masa de los protones es de 1,007276 u y la de los neutrones, es 1,008665 u. ¿Por qué la suma de la masa de los nucleones no coincide con el valor señalado?

## Me evaluó

Completa la tabla. Para estimar tu puntaje, sigue las indicaciones que te señalará tu profesor o profesora.

Debería	Ítem (preguntas)	Puntaje		¿Qué debo hacer?
		Total	Obtenido	
• Comprender los conceptos de modelo atómico nuclear y de isótopo.	I	12		Según los puntajes obtenidos, realiza las actividades que te indicará tu profesor o profesora.
• Calcular masas atómicas promedio.	II	6		

# Tema 2

## Radiactividad natural

### Actividad exploratoria

### Estabilidad nuclear

#### A. Antecedentes

La mayoría de los núcleos atómicos son estables y permanecen inalterables en el tiempo. La estabilidad del núcleo depende de la proporción que hay entre el número de neutrones y protones. Los núcleos inestables emiten partículas o radiaciones electromagnéticas, proceso conocido como radiactividad. La radiactividad de ciertos elementos químicos, principalmente isótopos, está relacionada con la inestabilidad nuclear.

#### B. Procedimiento

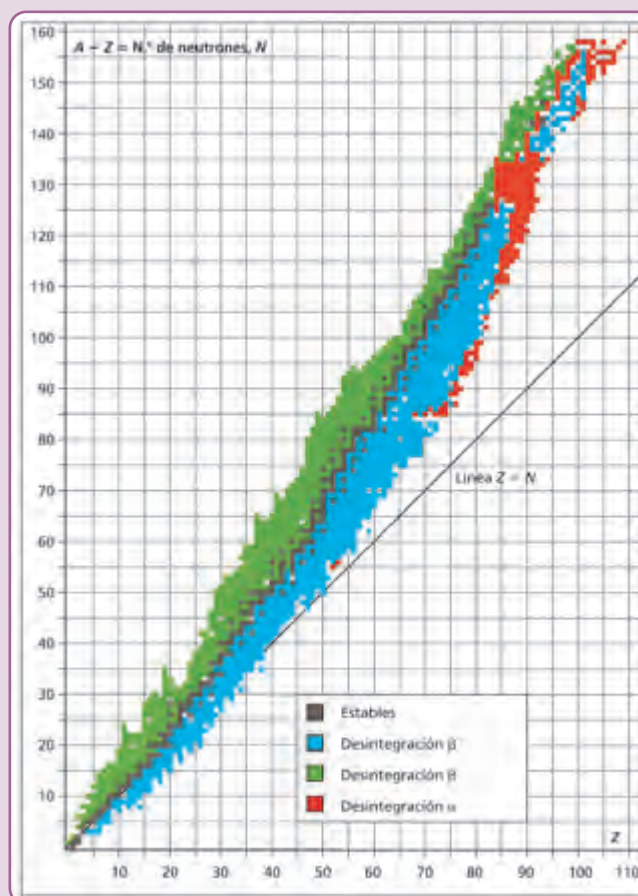
Observaciones empíricas han determinado que la estabilidad nuclear depende de la relación entre el número de protones y de neutrones, tal como se muestra en el gráfico N° 1.

#### C. Análisis y conclusiones

Analiza el gráfico y responde las preguntas.

1. ¿Qué representa la línea recta que cruza el gráfico?
2. ¿Qué relación hay entre los protones y los neutrones de los núcleos estables de número atómico pequeño (hasta alrededor de 20)?
3. ¿Qué ocurre con los núcleos de mayor número atómico?, ¿cómo se relaciona el número de neutrones y de protones?
4. ¿Por qué crees que el número de neutrones necesario para mantener un núcleo estable aumenta al haber más protones?
5. ¿En qué elemento termina la franja de estabilidad?, ¿por qué?
6. ¿Qué sucede con los elementos de  $Z \geq 83$ ?

Gráfico N° 1: Relación entre el número de neutrones y protones para una serie de isótopos conocidos.



Fuente: Archivo Editorial.

El área sombreada representa la franja de estabilidad, es decir, la mayor parte de los núcleos radiactivos se encuentra fuera de esta franja.

## 1. Radiactividad

Como pudiste analizar en la *Actividad exploratoria*, no todos los núcleos atómicos permanecen inalterables en el tiempo. Algunos se vuelven inestables y esta inestabilidad depende de la relación entre el número de protones y neutrones.

Pero ¿qué 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** (1852-1908) observó casualmente este fenómeno (radiactividad) por primera vez. Descubrió que los minerales de uranio ( $Z = 92$ ) eran capaces de velar una placa fotográfica en ausencia de luz externa, por lo que concluyó que poseían la propiedad de emitir radiaciones en forma espontánea.

Poco después de este descubrimiento, la química polaca **Marie Sklodowska Curie** (1867-1934) y su esposo, el físico francés **Pierre Curie** (1859-1906), iniciaron una búsqueda sistemática de otras sustancias que emitieran radiaciones. Comprobaron que todos los minerales de uranio las emitían y además aislaron otros dos elementos con idénticas propiedades: el polonio ( $Z = 84$ ) y el radio ( $Z = 88$ ), a los que llamaron **elementos radiactivos**.

Como la radiactividad no se puede percibir a través de los sentidos, no tiene olor ni sabor, fue necesario idear dispositivos para detectar las radiaciones provenientes de los elementos radiactivos. El instrumento más usado es el llamado **contador Geiger-Muller**.



El funcionamiento del contador Geiger-Muller se basa en la ionización de la materia producida por la radiación ionizante. Los iones y electrones generados por la radiación pueden ser conducidos en forma de una corriente eléctrica. La pulsación de dicha corriente es amplificada por el contador, asignando a cada pulsación una medida de la cantidad de radiación.

### Actividad 4

### Seleccionar información

Otro método para detectar radiaciones es el llamado “contador de centelleo”. Averigua en diferentes fuentes cómo funciona este dispositivo y qué ventajas y desventajas presenta frente al contador Geiger-Muller.

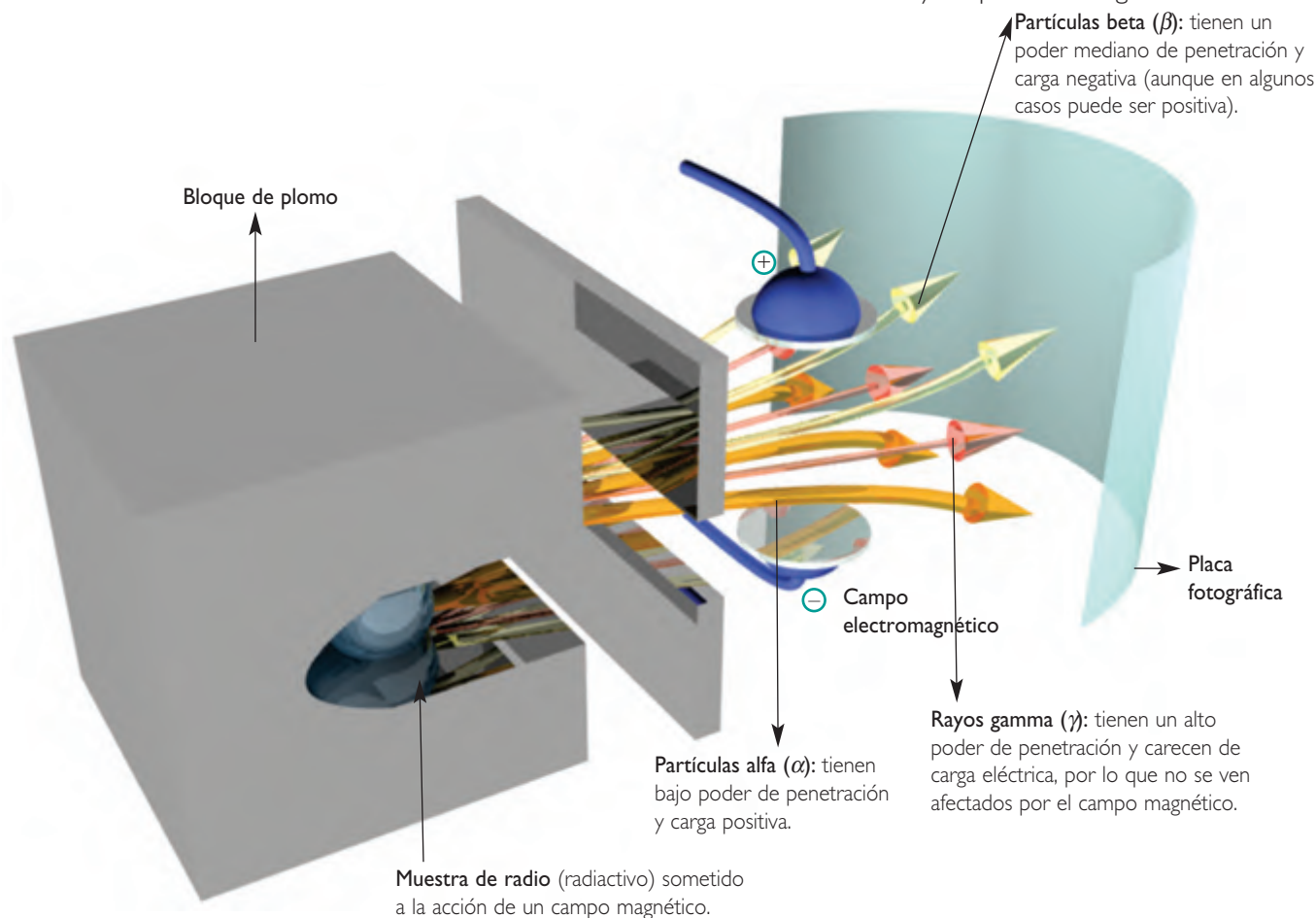
## 2. Decaimiento radiactivo y tipos de radiación

La liberación de radiación por los isótopos radiactivos o radioisótopos se conoce como **decaimiento radiactivo**; los núcleos inestables de estos isótopos experimentan un proceso de **desintegración nuclear**, con el fin de corregir la relación cuantitativa entre protones y neutrones.

En las reacciones nucleares, un núcleo inestable, llamado **núcleo padre**, emite radiaciones en forma espontánea, convirtiéndose así en un núcleo más estable, llamado **núcleo hijo**. Además, en el proceso se emite una cierta cantidad de energía que designaremos con la letra **Q**.

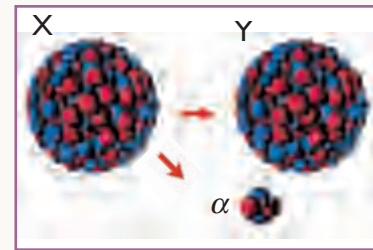
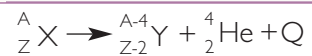
Entre 1896 y 1903 se realizaron una serie de experimentos para estudiar la naturaleza de las distintas radiaciones. Los resultados permitieron clasificarlas en tres tipos de emisiones: **alfa** ( $\alpha$ ), **beta** ( $\beta$ ) y **gamma** ( $\gamma$ ).

Si una determinada muestra de un elemento radiactivo, por ejemplo el radio (Ra), se somete a la acción de un campo magnético, se comprueba que existen tres tipos de **emisiones radiactivas**: partículas alfa ( $\alpha$ ), con bajo poder de penetración y con carga positiva; partículas beta ( $\beta$ ), cuyo poder de penetración es superior al de la emisión alfa y cuya carga es negativa; y rayos gamma ( $\gamma$ ), con un poder de penetración superior al de los dos tipos de emisiones señaladas anteriormente y no presenta carga ni masa.



### Emisión alfa ( $\alpha$ o ${}^4_2\text{He}$ )

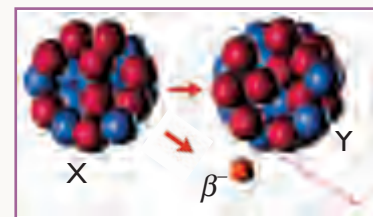
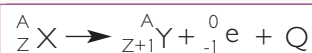
La radiación alfa consiste en un flujo de partículas formadas por dos protones y dos neutrones. Una partícula  $\alpha$  tiene una masa de 4 u y una carga igual a +2, y es idéntica a un núcleo de helio (un átomo de helio sin sus dos electrones). Su símbolo es:  ${}^4_2\text{He}$ . Se producen en los núcleos de gran masa ( $Z \geq 83$ ); donde la fuerza de repulsión que se genera entre los protones tiende a superar la fuerza 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, según:



### Emisión beta

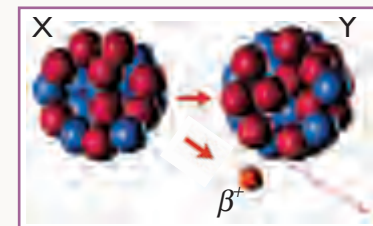
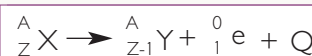
#### Emisión beta ( $\beta$ o ${}^0_{-1}\text{e}$ )

Es un proceso mediante el cual 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 -1. Se caracteriza porque un neutrón del núcleo atómico se transforma en protón, liberando en el proceso un electrón, el cual es expulsado; en tanto, el protón permanece al interior del núcleo sin cambiar la masa atómica.



#### Emisión de positrones o beta positiva ( $\beta^+$ o ${}^0_1\text{e}$ )

Los núcleos inestables también pueden emitir partículas cuya masa es idéntica a la de un electrón, pero su carga es positiva (+1). Este tipo de emisiones ocurre generalmente en núcleos cuya cantidad de protones es superior a la de neutrones. La partícula emitida se denomina **positrón**. La masa atómica permanece inalterada.



### Reflexionemos

Lee y analiza la siguiente información y, luego, comenta con tus compañeros y compañeras.

Los descubridores e investigadores de los elementos radiactivos de principios del siglo XX jamás sospecharon los riesgos de trabajar en contacto con las radiaciones. De hecho, no usaban vestimentas protectoras, lo que en muchos casos afectó su salud e incluso les provocó la muerte. Hoy sabemos que las emisiones alfa pueden penetrar la capa más externa de la piel; las emisiones beta, una distancia entre los 0,06 y 4 mm, y los rayos gamma atraviesan sin dificultad la totalidad del cuerpo, lo que puede ocasionar severos daños en el organismo.

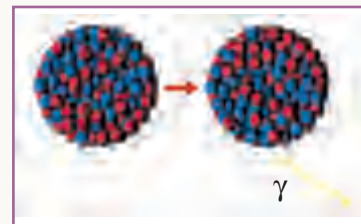
1. ¿Qué medidas preventivas podemos adoptar para protegernos de estas radiaciones?
2. ¿Qué efectos tiene para la salud de las personas la continua y permanente exposición a las radiaciones ultravioleta? Comenta.



## DESARROLLO DE CONTENIDOS

**Emisión gamma ( $\gamma$ )**

Este tipo de radiación es muy distinta a las radiaciones  $\alpha$  y  $\beta$ . Es una radiación electromagnética como la de la luz, pero con un contenido energético muy superior (de alta frecuencia). Los rayos gamma no poseen carga ni masa; por lo tanto, la emisión de rayos gamma por parte de un núcleo no produce cambios en su estructura, sino simplemente la pérdida de una determinada cantidad de energía. Muchas veces los rayos gamma acompañan a las emisiones alfa y beta. Con la emisión de estos rayos, el núcleo compensa el estado inestable que sigue a los procesos alfa y beta.



También se pueden producir emisiones gamma cuando un núcleo es impactado por una partícula de masa elevada, dejándolo excitado; entonces, para volver a su estado fundamental emite una radiación gamma.

Los rayos X, la luz ultravioleta, visible e infrarroja y las ondas de radio son otros ejemplos de radiaciones electromagnéticas. La diferencia entre estos tipos de radiaciones es su energía, la que está relacionada con la frecuencia y longitud de onda. Por ejemplo, los **rayos X** y  $\gamma$  tienen energías muchísimo más altas que las otras radiaciones. Pueden ionizar las moléculas o fragmentarlas rompiendo sus enlaces; produciendo, además, excitaciones de las moléculas originales y de los fragmentos, desencadenando una serie de reacciones en las que intervienen iones, electrones y radicales libres.

**Actividad 5****Seleccionar información**

Busca en tu texto de Química de Segundo Año Medio el esquema que representa el espectro electromagnético, con todas las formas de radiación. Cópialo en tu cuaderno y explica las diferencias que hay entre las radiaciones, en función de sus frecuencias y de sus longitudes de onda.

**Rincón del debate**

Lee la siguiente información y coméntala con tus compañeros y compañeras.

En julio de 2009, la agencia para la investigación del cáncer de la Organización Mundial de la Salud (OMS) elevó la clasificación de los rayos ultravioleta de las lámparas bronceadoras, de "probablemente cancerígenas" a "cancerígenas". La investigación estableció que la exposición a los rayos UV artificiales, antes de los 30 años, aumenta a 75% el riesgo de desarrollar melanoma, la forma más agresiva de cáncer de piel.

1. ¿Qué opinas sobre la medida adoptada por la OMS?
2. ¿Crees que las personas que asisten a los solárium conocen los riesgos que esto conlleva?



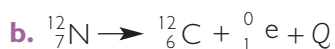
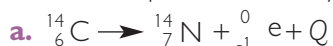
## 2.1. Comparación de las emisiones radiactivas

## Actividad 6

## Identificar y aplicar

Lee y responde las siguientes preguntas.

1. Identifica a qué tipo de emisión corresponden las siguientes ecuaciones; señala cuáles son los elementos que interactúan y explica brevemente en qué consiste el proceso.



(\*) Núcleo excitado.

2. Plantea la ecuación de decaimiento radiactivo de los siguientes elementos:

a. U-238, que es un emisor de partículas  $\alpha$ .

b. K-40, que es un emisor de positrones ( $\beta^+$ ).

Características	Radiaciones alfa	Radiaciones beta	Radiaciones gamma
Masa y volumen	Elevados.	7000 veces menor con respecto a las partículas $\alpha$ .	Carecen de masa, pero debido a su altísimo contenido energético se comportan como sutiles agujas.
Velocidad a la que viajan	Viajan a un décimo de la velocidad de la radiación $\beta$ .	Viajan a una velocidad cercana a la de la luz.	Viajan a la velocidad de la luz.
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. Por lo tanto, la radiación $\alpha$ tiene gran poder ionizante.	Cien veces inferior al de la radiación $\alpha$ .	Alto poder ionizante, debido a que su energía es superior a la de los rayos X. Producto de la gran velocidad a la que viajan, su poder de ionización es menor respecto de las emisiones alfa y beta.
Poder de penetración	Pueden ser detenidas por una hoja de papel y solo penetran la piel unos pocos milímetros.	Atraviesan la piel, pero son detenidas antes de alcanzar los órganos vitales.	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.

## DESARROLLO DE CONTENIDOS

**Interactividad**

Ingresar a la página web:

[www.educacionmedia.cl/web](http://www.educacionmedia.cl/web) y

escribe el código 11Q4108.

Aquí encontrarás información sobre los tipos de radiaciones estudiadas y su interacción con la materia.

Elabora un cuadro comparativo en tu cuaderno.

**2.2. Poder ionizante**

La radiación puede provocar excitación o ionización de la materia. La ionización es un proceso físico-químico a través del cual se producen iones, producto del exceso o falta de electrones.

Las radiaciones  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  tienen energía suficiente como para arrancar electrones de los átomos con los que chocan, es decir, convertirlos en iones. A esta capacidad se le denomina poder ionizante, y es diferente en las distintas radiaciones: se ha calculado que el poder ionizante de las radiaciones alfa es cien veces superior al de la radiación  $\beta$ , y las emisiones beta cien veces superior al de la radiación  $\gamma$ .

El poder ionizante de las emisiones radiactivas varía en sentido inverso al poder de penetración. De este modo, por ejemplo, las radiaciones  $\alpha$  poseen una bajísima capacidad para penetrar en la materia, pero un altísimo poder de ionización.

Las radiaciones nucleares, al ser ionizantes, son muy peligrosas para la salud, ya que pueden, entre otras cosas, provocar mutaciones en el material genético de los seres vivos, lo que en algunos casos puede ocasionar cáncer.

**Actividad 7****Identificar y asociar**

Completa la tabla y luego responde las preguntas en tu cuaderno.

Radiación	Identificación	Carga eléctrica	Masa	Poder de penetración	Símbolo	Poder ionizante
alfa				bajo		
	${}^0_{-1}e$	-1		medio		mediano
gamma			no tiene	alto		

1. ¿Cuál de estas radiaciones es más peligrosa para el ser humano?, ¿por qué?
2. ¿Cuál es la aplicación que se les da a estas radiaciones?
3. Explica, brevemente, cómo fueron descubiertas estas radiaciones.

### 3. Series radiactivas

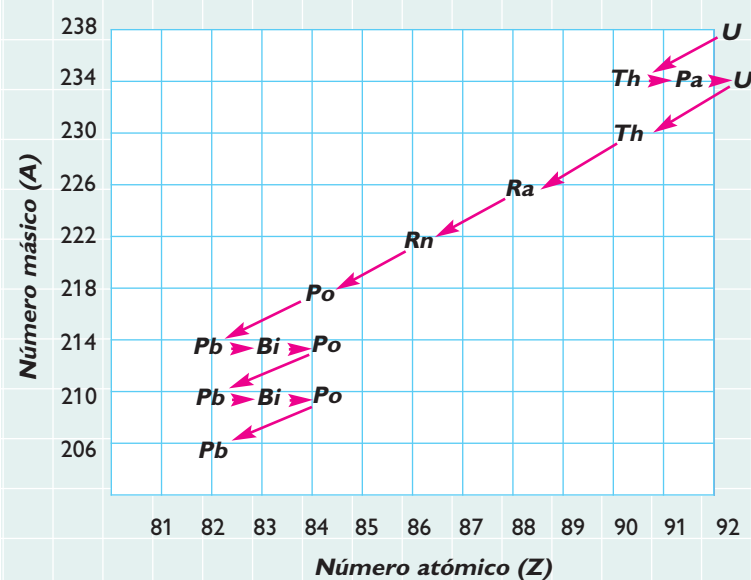
¿Qué sucedería si todos los elementos químicos presentes en la naturaleza estuvieran constituidos por núcleos atómicos inestables?, ¿permanecerían siempre en esa condición?, ¿por qué?

Alrededor de ochenta de los elementos de la tabla periódica son estables, es decir, están formados a lo menos por un isótopo no radiactivo, incapaz de sufrir una desintegración nuclear; algunos ejemplos son el helio-4, carbono-12, carbono-13, oxígeno-16 y, aproximadamente, 260 núcleos más. Los núcleos radiactivos, en cambio, sufren desintegraciones hasta convertirse en un núcleo estable. Esta estabilidad se logra, en una o en varias etapas, a través de emisiones  $\alpha$  y  $\beta$ .

Se denomina **serie radiactiva** al conjunto secuenciado de reacciones nucleares que comienzan con un núcleo radiactivo y terminan con un núcleo estable. En la naturaleza existen tres series conocidas; una de ellas es la del uranio. Empieza con el U-238 y termina con el Pb-206, después de 14 desintegraciones sucesivas. Primero, el U-238 emite una partícula  $\alpha$ , para dar Th-234. Este isótopo radiactivo emite una partícula  $\beta$  para dar a lugar a Pa-234. Luego, el Pa-234 emite otra partícula  $\beta$  para continuar la serie, que termina en el Pb-206.

Es necesario aclarar que las emisiones  $\alpha$  o  $\beta$  van acompañadas frecuentemente, por radiaciones  $\gamma$ . Como liberan energía, los procesos de desintegración nuclear son exergónicas.

Gráfico N° 2: Serie radiactiva de la desintegración del U-238 hasta el Pb-206.



Las flechas que van hacia la derecha ( $\rightarrow$ ) indican una desintegración por emisión de rayos  $\beta$  y las flechas en diagonal ( $\swarrow$ ), orientadas hacia abajo, señalan desintegraciones por emisión de partículas  $\alpha$ .

#### Actividad 8

#### Interpretar y representar

Lee y responde las siguientes preguntas.

- Basándote en el gráfico N° 2, escribe las cuatro primeras ecuaciones nucleares que ocurren, desde la desintegración del U-238, por emisión de partículas alfa, hasta llegar al Th-230.
- Los esposos Curie descubrieron los primeros elementos radiactivos: el polonio (Po) y el radio (Ra). De este último deriva el nombre radiactividad. Cuando el radio ( $Z = 88$ ;  $A = 226$ ) se desintegra, se transforma en radón (Rn) y emite partículas alfa; por su parte, el polonio ( $Z = 84$ ;  $A = 218$ ) origina el astato (At ( $Z = 85$ ;  $A = 218$ )), liberando partículas beta. Con la información, escribe las ecuaciones nucleares del radio y del polonio.

## 4. Velocidad de desintegración radiactiva

¿Cómo podemos determinar la edad aproximada de la Tierra? El pasado de la Tierra está registrado en los estratos de la corteza terrestre. Gracias a las desintegraciones nucleares de los materiales contenidos en las rocas, hoy se puede conocer la edad aproximada de la Tierra.

La velocidad de desintegración corresponde al número de átomos que se desintegran en un tiempo determinado; esto se expresa como se muestra en la ecuación 1, donde  $V_t$  es la velocidad de desintegración a un tiempo  $t$  y  $N = N_0 - N_t$  siendo  $N_0$ , el número de núcleos radiactivos iniciales y  $N_t$  el número de núcleos radiactivos que quedan transcurido el tiempo  $t$ . Por lo tanto  $\Delta N$  es el número de núcleos radiactivos que se han desintegrado en el intervalo de tiempo  $\Delta t$ .

Ecuación 1

$$V_t = N / t$$

Ecuación 2

$$V_t = -k N_t$$

Ecuación 3

$$\ln \frac{N_t}{N_0} = -k t$$

Debido a que los decaimientos radiactivos siguen una cinética de primer orden, su velocidad es directamente proporcional al número de núcleos radiactivos presentes. La ley de velocidad ( $v$ ) para el decaimiento radiactivo, en un tiempo determinado, está dada por la expresión representada en la ecuación 2, donde  $k$  es la constante de velocidad de primer orden.

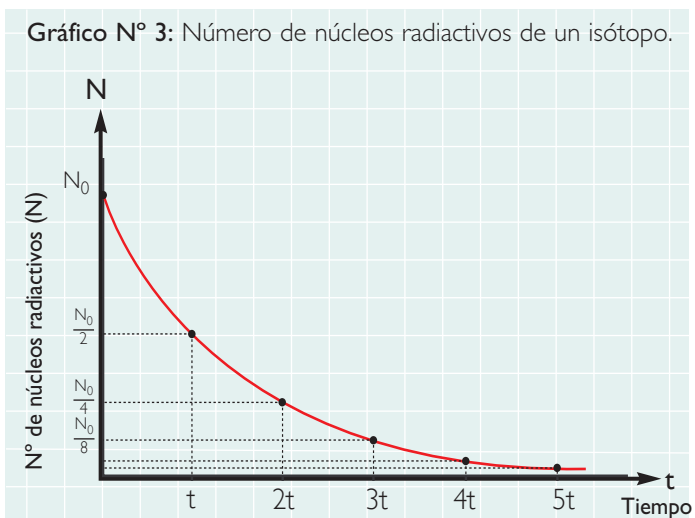
Para determinar la constante de velocidad de cualquier reacción de primero orden, se utiliza la Ecuación 3, donde  $N_0$  es el número de núcleos radiactivos iniciales y  $t$  es el tiempo. Igualando las ecuaciones 1 y 2, se obtiene  $N / t = -k N_t$ . Trabajando esta expresión matemáticamente, se obtiene la ecuación 3.

### Actividad 9

#### Analizar e interpretar

Observa y analiza el gráfico. Luego, responde las preguntas en tu cuaderno.

1. Determina el tiempo en que el número de núcleos radiactivos es  $N_0/2$ ,  $N_0/4$  y  $N_0/8$ .
2. ¿Qué puedes concluir acerca de la información indicada en el gráfico?



### 4.1. Vida media

Se ha comprobado que los isótopos de los elementos radiactivos presentan distintos grados de inestabilidad. Algunos se desintegran tan rápidamente, que casi es imposible detectarlos; en tanto, otros decaen con lentitud. Para referirse a la velocidad con que ocurren las desintegraciones nucleares se utiliza el concepto de **vida media**.

La **vida media** ( $t_{1/2}$ ) es el tiempo que tarda en desintegrarse la mitad de los núcleos de cualquier sustancia radiactiva en relación a su valor inicial. La vida media también se conoce como "período de semidesintegración".

Analicemos a continuación un experimento imaginario; sigámosle la pista al decaimiento radiactivo de uno de los isótopos del radio, el  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ . Como ya hemos visto, el Ra-226 se transforma en gas radón ( $\text{Rn-222}$ ) por emisión de partículas  $\alpha$ . Supongamos que medimos 226 g de este isótopo y luego dejamos esa cantidad sobre una mesa; 1600 años más tarde volvemos al lugar y determinamos la cantidad de radio en la muestra. ¿Qué cantidad encontraríamos de la muestra original?

Al transcurrir ese tiempo, muchos de los átomos de Ra-226 ya no estarían, puesto que se habrían transformado en radón ( $\text{Rn-222}$ ). Después de 1600 años, se determinó que quedaba exactamente la mitad de los átomos de Ra-226, es decir, 113 g. Si dejáramos pasar otros 1600 años y volviéramos a medir la masa de los átomos que quedan, nos daría un valor de 56,5 g.

Al analizar la **tabla N° 2** del decaimiento radiactivo del Ra-226, observamos que en cualquier período de 1600 años, la cantidad de Ra-226 decrece siempre en la mitad de la muestra original. Esta cantidad varía en forma exponencial, es decir, en vez de cambiar por una cierta cantidad en cada período de tiempo, cambia por un cierto factor, en este caso,  $1/2$ . La vida media del Ra-226 es, entonces, 1600 años. Las vidas medias (y por tanto las constantes de velocidad) de los isótopos radiactivos varían mucho de un núcleo a otro; pueden comprender desde fracciones de segundos hasta miles de trillones de años.

**Tabla N° 2:** Los núcleos radiactivos se desintegran en forma exponencial.

Tiempo después de iniciado el experimento (en años)	Masa de la muestra de Ra-226 (en gramos)	Número de átomos de Ra-226 que permanecen	Fracción que permanece de la muestra original
Comienzo	226	$6 \times 10^{23}$	Comienzo
1600	113	$3 \times 10^{23}$	$1/2$
3200	56,5	$1,5 \times 10^{23}$	$1/4$
4800	28,25	$0,75 \times 10^{23}$	$1/8$

Fuente: Archivo Editorial.

#### Actividad 10

Calcular

Lee y responde las siguientes preguntas.

Un isótopo tiene un período de semidesintegración de  $3 \times 10^5$  años. Si una muestra tiene  $10^{18}$  átomos:

1. ¿Cuántos átomos quedan luego de una vida media?
2. ¿Cuántos años deben transcurrir para que la cantidad de núcleos radiactivos disminuya a la cuarta parte?

## TALLER CIENTÍFICO

## ¿Qué relación hay entre el lanzamiento de una moneda y el decaimiento radiactivo?

### A. Antecedentes

El decaimiento de un núcleo radiactivo es un evento aleatorio. Es imposible saber en qué momento va a decaer el núcleo de un determinado átomo radiactivo. Sin embargo, se puede predecir en cuánto tiempo va a decaer una fracción dada de la muestra. El propósito de esta actividad es realizar una analogía entre el decaimiento radiactivo de un núcleo y la inversión de la posición inicial de una moneda.

### B. Hipótesis

Reúnanse en grupos de cuatro o cinco integrantes y propongan una posible respuesta a la pregunta inicial planteada. Luego, consigan los materiales que se indican y realicen el procedimiento descrito.

### C. Diseño experimental

#### Materiales:

- una caja de zapatos, cien monedas de un peso, un cronómetro o reloj con segundero.

#### Procedimiento:

1. Pongan cien monedas, con la “cara” hacia arriba, en el fondo de la caja de zapatos.
2. Tapen la caja y sujétela con firmeza. Agítela veinte veces y midan el tiempo (en segundos) transcurrido.
3. Apoyen la caja sobre una mesa, retiren la tapa y cuenten las monedas que estén con el “sello” hacia arriba y sáquenlas. Resten este número al valor inicial; de este modo, obtendrán el número de “núcleos padres” que quedan en la caja.
4. Repitan los pasos dos y tres, cinco veces más. Procuren que el ritmo, el tiempo y la fuerza de la agitación sean constantes en cada ensayo.

### D. Resultados

Elaboren una tabla y un gráfico de núcleos padres versus tiempo para representar los resultados.

### E. Análisis y conclusiones

- a. Observen el gráfico: ¿qué forma tiene la curva obtenida?, ¿podrían afirmar que la variable dependiente e independiente son directamente proporcionales? Justifiquen su respuesta.
- b. A partir del gráfico, determinen la “vida media” de las monedas, es decir, el tiempo que debe transcurrir para que el número de núcleos padres iniciales disminuya exactamente a la mitad.
- c. Ideen un diseño experimental similar al descrito, pero esta vez realicen la simulación de la desintegración radiactiva, colocando granos de maíz (curagua) en un sartén y calculen la vida media del maíz sometido a calentamiento constante.

#### Tips

La “cara” de la moneda representará el núcleo que se desintegrará, también denominado núcleo padre. El lado “sello” de la moneda representará el núcleo que se originará, denominado núcleo hijo.

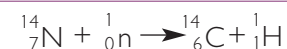




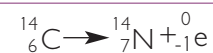
## 4.2. Datación radiactiva

¿Qué tiene en común una momia encontrada en el desierto de Atacama con un utensilio de madera hallado en el extremo sur de nuestro país? Ambos son materiales orgánicos y contienen carbono. Este hecho es clave para calcular la edad de los objetos gracias a la desintegración del isótopo **carbono-14 (C-14)**.

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. El C-14 se forma por la acción de los rayos cósmicos sobre el nitrógeno atmosférico, según la reacción de la derecha. El C-14 se encuentra en el aire en forma de dióxido de carbono radiactivo ( $^{14}\text{CO}_2$ ), que es absorbido por las plantas e incorporado a sus células. Luego, a través de la cadena trófica, los seres vivos van absorbiendo un porcentaje de este isótopo. Cuando la planta o el animal muere, deja de intercambiar materia y energía con el medio, por lo que el contenido de C-14 comienza a disminuir a través de sucesivas desintegraciones nucleares, transformándose el C-14 en N-14 (átomo estable) y emitiendo radiación  $\beta$ , según la reacción de la derecha.



Uno de cada billón de átomos de carbono que hay en la naturaleza es un isótopo de carbono-14, razón por la cual un gramo de carbono natural emite entre doce y trece partículas  $\beta$  por minuto. Pasados 5730 años (vida media del C-14) de la muerte del organismo, el contenido de C-14 disminuye a la mitad. Por lo tanto, luego de dos períodos de vida media (11 460 años) quedará la cuarta parte del contenido original; después de tres períodos, la octava parte, y así sucesivamente. Cuanto menor es la cantidad de C-14 que permanece en los restos orgánicos que se desean datar, más antiguos son. Es importante señalar que el método del carbono-14 permite datar organismos que vivieron hasta 50 000 años atrás. Esto se debe a que la proporción C-14 fijada en la atmósfera ha sido relativamente constante los últimos 50 000 años.



### Reflexionemos

Lee y analiza la siguiente información y, luego, comenta con tus compañeros y compañeras.

El plomo-210, cuya vida media es de 22 años, es un isótopo radiactivo que se utiliza para datar objetos. Se ha empleado para determinar la antigüedad de obras de arte, que están pintadas con pinturas que contienen plomo. Así, se han descubierto falsificaciones de cuadros famosos que, de otro modo, no hubieran sido detectadas. Un caso es el de las obras del pintor Jan Vermeer (1632-1675), que fueron copiadas y pintadas por otro pintor del siglo XX para ser vendidas como auténticas.

1. ¿Qué opinan sobre lo ocurrido con las obras del pintor Jan Vermeer?, ¿por qué?
2. ¿Conocen otro caso en el que exista este tipo de plagio? Expliquen.



La encajera, Jan Vermeer.

## EJEMPLO RESUELTO 2

### Vida media

En los huesos de un gato desenterrado en Egipto se han encontrado 0,125 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 0,5 g,

- ¿cuál es la antigüedad del fósil?
- Interpreta tus resultados en un gráfico de masa de C-14 versus tiempo.

- Entender el problema e identificar la incógnita.** Debemos averiguar cuál es la antigüedad de un fósil de acuerdo con una masa dada de C-14 e interpretar gráficamente el desarrollo del ejercicio.
- Anotar los datos que nos entrega el problema.** Contamos con la masa de carbono-14 encontrada en el fósil: 0,125 g de carbono-14, y con la masa inicial estimada de C-14 cuando el gato estaba vivo: 0,5 g de carbono-14.
- Diseñar un plan de acción.** Construimos una tabla donde se calculan las masas de C-14 según el número de vidas medias que hayan transcurrido; confeccionamos el gráfico de masa de C-14 versus tiempo en años; finalmente, podemos estimar la antigüedad del fósil.

#### 4. Ejecutar el plan

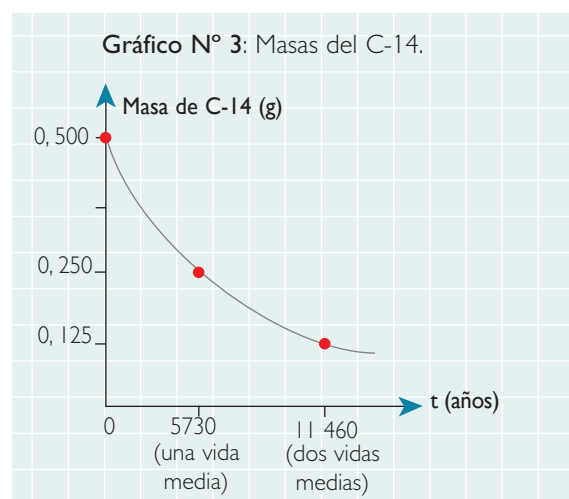
**Tabla N° 3:** Tiempos medios y masas C-14 versus tiempo.

Vida media	Masa C-14 (en gramos)	Tiempo (en años)
0	0,5	0
1	0,25 (0,5/2)	5730
2	0,125 (0,25/2)	11 460 = (5730 × 2)
3	0,0625 (0,125/2)	17 190 = (5730 × 3)

Estimamos la antigüedad del fósil: a partir del gráfico, se observa que cuando quedan 0,125 g de C-14 han transcurrido dos vidas medias.

#### 5. Respuesta

Han transcurrido dos vidas medias; la antigüedad del fósil es de 11 460 años.



#### PARA TRABAJAR

- Se determina que el sudario de tela que envuelve a una momia tiene originalmente 200 mg de C-14. ¿Cuánto C-14 habrá al cabo de 1,5 vidas medias?
- El radón-222 se desintegra en un período de cuatro días. Si inicialmente se dispone de 20 mg, ¿cuánto quedará al cabo de un mes y dos días?

Lectura científica

## Polonio-210: elemento radiactivo presente en los cigarrillos

Inhalar un paquete y medio de cigarrillos diariamente por un período de un año es similar a recibir la radiactividad equivalente a 300 radiografías de tórax.

El polonio-210 es un elemento altamente radiactivo y venenoso que está presente en los cigarrillos que consume un gran porcentaje de personas a nivel mundial. Este elemento radiactivo es un derivado de los fertilizantes fosfatados utilizados en las plantaciones tabaqueras; la planta absorbe a través de sus raíces el polonio radiactivo y lo almacena en sus hojas, donde permanece durante todo el proceso de secado e industrialización.

Durante la combustión del cigarrillo, que se realiza entre 600 y 800 °C, el polonio-210 se volatiliza e inhala en el humo, provocando que sus partículas se depositen rápidamente en los tejidos del sistema respiratorio. Los filtros de cigarrillos, si bien son capaces de retener el alquitrán y otros componentes cancerígenos, no son lo suficientemente efectivos al momento de retener estos vapores radiactivos, por lo que una parte del polonio contenido en un cigarrillo se deposita en los pulmones del fumador y la otra



parte queda a disposición de todo aquel que respira el humo ambiental.

Vincenzo Zagá, investigador italiano, publicó ya en 1996 el artículo: "Humo de tabaco y radiactividad alfa (polonio 210)", en el que se señala y explica que el Po-210 constituye un alto riesgo a nivel pulmonar, ya que se considera un iniciador de tumores broncopulmonares por radiactividad alfa en cuatro casos sobre 10 000 fumadores, sin considerar su rol como promotor (co-carcinógeno) de tumores broncopulmonares, debido a su acción conjunta con otras sustancias cancerígenas.

**Fuente:** Muro, A. Fumar paquete y medio de cigarrillos al día durante un año es como recibir la radioactividad equivalente a 300 radiografías. Discovery DSALUD. N° 92. Recuperado de: [www.dsalud.com/index.php?pagina=articulo&c=360](http://www.dsalud.com/index.php?pagina=articulo&c=360)

### Trabaja con la información

Lee y comenta las siguientes preguntas con tus compañeros y compañeras.

1. ¿Crees que las industrias tabaqueras dan a conocer a sus clientes la información respecto de todas las sustancias químicas contenidas en los cigarrillos y los efectos que provocan en la salud?
2. ¿Piensas que hay que apelar a la responsabilidad individual de los fumadores en relación con el daño que produce el cigarrillo, o las autoridades deberían promulgar leyes que regulen su consumo, como las existentes para otras drogas? Fundamenta.
3. Si la población estuviera más informada, ¿sería menor el consumo de cigarrillos?, ¿por qué?

### 4.3. Efectos de las emisiones radiactivas en los seres humanos

Diariamente y de manera constante estamos expuestos a distintos tipos de radiación, ya sea electromagnética o de partículas. Aproximadamente, el 80% total de la radiación proviene de fuentes naturales, por ejemplo, de los rayos cósmicos que llegan del espacio exterior; la radiación infrarroja, visible y ultravioleta provenientes del sol y de los radioisótopos naturales, especialmente del gas radón. El 20% restante proviene de fuentes artificiales, por ejemplo, de las estaciones radiales y de televisión de donde recibimos ondas de radio; de los hornos microondas recibimos precisamente microondas; de los rayos X al tomarnos radiografías, entre otros. Este bombardeo constante de radiación tanto de fuentes naturales como artificiales al que estamos expuestos se denomina **radiación de fondo**.

Algunas radiaciones como las  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  pueden alterar, entre otras cosas, el mecanismo regulador del crecimiento de las células, lo que las induce a reproducirse sin control, es decir, a producir cáncer.

### 4.4. ¿Cómo afectan las radiaciones a los tejidos vivos?

Las radiaciones ionizantes tienen un mayor efecto nocivo en los seres vivos, respecto de las no ionizantes, pues son capaces de arrancar electrones de los átomos o de las moléculas. Este tipo de radiaciones se caracteriza por tener un alto nivel energético. Las partículas  $\alpha$ ,  $\beta$  y las radiaciones electromagnéticas, como la radiación ultravioleta, los rayos X y la radiación  $\gamma$ , son ejemplos de este tipo de radiación. Como analizamos en la tabla de la página 107, las radiaciones alfa y beta tienen menor poder de penetración, por lo que son menos nocivas que las radiaciones gamma, cuyo poder de penetración es mayor. Estas últimas pueden llegar al núcleo de la célula y actuar sobre el ADN, resultando más peligrosas para la salud.

Debido a que los tejidos vivos siempre contienen un alto porcentaje de agua, sus moléculas son las que mayoritariamente absorben la radiación y generan radicales libres. Al pasar la radiación, se forman iones  $\text{H}_2\text{O}^+$ . A su vez, estos pueden reaccionar con otras moléculas de agua para producir iones hidronio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) y un radical libre  $\cdot\text{OH}$ , según la siguiente ecuación:



#### Actividad 11

#### Seleccionar información

Averigua, en distintas fuentes bibliográficas, si las radiaciones han tenido algún impacto positivo en los seres vivos.

El daño producido por la radiación depende de muchos factores, como el tipo de radiación, la "dosis" recibida, el tiempo de exposición, el tipo de tejido afectado y la sensibilidad individual. En general, los rayos  $X$  y  $\gamma$  pueden penetrar los tejidos, por lo que el daño no se limita a la piel, como es el caso de las radiaciones  $\alpha$  y  $\beta$ . La transferencia de energía de las radiaciones produce daños en todas las moléculas que constituyen los seres vivos. Son especialmente significativos los daños a las macromoléculas, como el ADN, y a todo el mecanismo portador de la información genética de las especies. Los daños pueden ser agudos y casi inmediatos, como quemaduras de la piel, pero también existen efectos tardíos, como el cáncer.

Para medir la energía absorbida de una cantidad dada de radiación se utilizan varias unidades. La unidad **SI** de dosis absorbida es el gray (Gy), que corresponde a la absorción de 1 J de energía por kilogramo de tejido. El **rad** (*radiation absorbed dose*) es la unidad de uso más frecuente en medicina, con una equivalencia igual a: **1 Gy = 100 rad**.

Para expresar el daño biológico en términos de la cantidad real de radiación absorbida, se utilizan el **rem** y el **sievert (Sv)**, donde **1 Sv = 100 rem**. Para poner estas unidades en un contexto, la radiación ionizante de fondo proveniente de fuentes naturales representa una dosis de unos 0,003 Sv por año para cada persona.



Algunas radiaciones dañan el mecanismo regulador del crecimiento de las células, lo que las induce a reproducirse sin control. Por lo tanto, es importante protegerse de los rayos UV.

### Actividad 12

### Analizar

Lee y analiza la información que aparece en la tabla donde se señalan los posibles efectos biológicos de una sola dosis de radiación.

Dosis (Sv)	Efecto biológico
0 - 0,25	No hay efecto inmediato.
> 0,25 - 0,50	Disminución temporal del recuento de glóbulos blancos.
> 0,50 - 1,0	Disminución importante del recuento de glóbulos blancos.
> 1,0 - 2,0	Náuseas. Caída del cabello.
> 2,0 - 5,0	Hemorragias internas. Posible muerte.
> 5,0	50% de probabilidad de muerte en el plazo de 30 días.

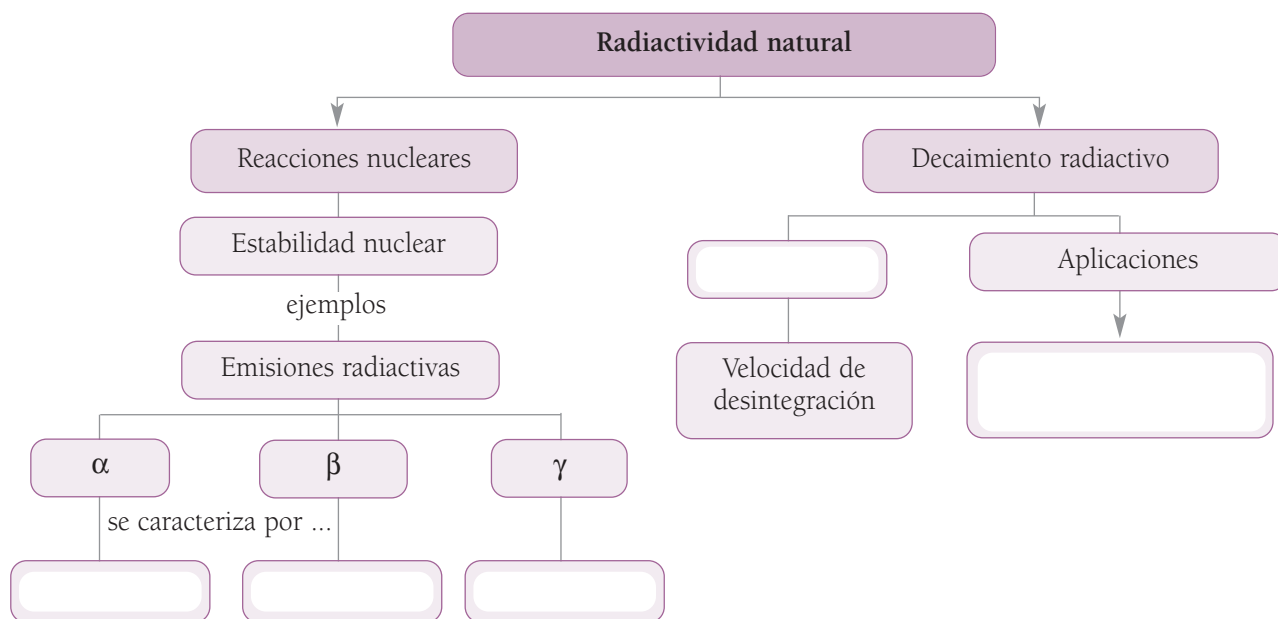
Fuente: Archivo Editorial.

1. Expresa estos valores en rem.
2. ¿Dentro de qué rango se encuentra la dosis de una radiografía de tórax?, ¿por qué no produce daños en el organismo?
3. ¿Por qué crees que Marie Curie murió de leucemia?

## SÍNTESIS - EVALUACIÓN DE PROCESO

## Síntesis del Tema 2

Lee y completa el siguiente esquema que resume los principales conceptos tratados en el Tema 2.



## Evaluación de proceso

**I** Lee las siguientes preguntas y selecciona la alternativa correcta (2 puntos cada una).

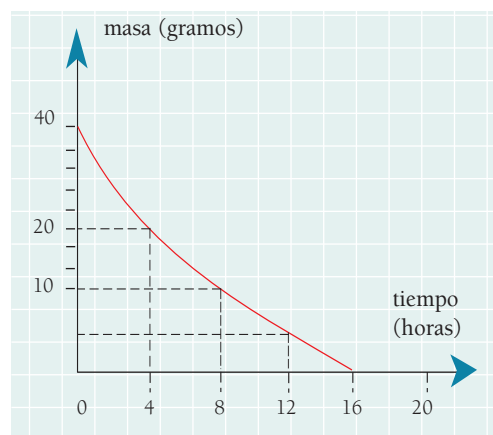
1. El isótopo de un determinado elemento tiene una vida media de 400 años. Considerando que inicialmente la muestra tiene 2 g del isótopo radiactivo, ¿qué cantidad permanecerá sin desintegrarse al cabo de 1200 años?

- A. 1 g
- B. 0,5 g
- C. 0,25 g
- D. 0,125 g
- E. 0,062 g

2. ¿Cuál de las siguientes alternativas es correcta respecto de los núcleos inestables en general?

- A. Emiten solo electrones.
- B. Emiten solo neutrones.
- C. Emiten solo radiaciones  $\gamma$ .
- D. Tienen igual número de protones y neutrones.
- E. Sufren desintegraciones sucesivas hasta convertirse en núcleos estables.

3. Al estudiar la desintegración radiactiva de un isótopo, se obtiene un gráfico como el siguiente. ¿Cuál es la vida media de este isótopo?



- A. 2 horas.
- B. 3 horas.
- C. 4 horas.
- D. 8 horas.
- E. 16 horas.



4. Cuando un isótopo radiactivo decae, emitiendo radiaciones alfa, ¿qué modificación experimenta?
  - A. Aumenta su número atómico en 1 unidad.
  - B. Aumenta su número másico en 4 unidades.
  - C. Disminuye su número másico en 2 unidades.
  - D. Aumenta su número atómico en 2 unidades.
  - E. Disminuye su número atómico en 2 unidades.
5. Si al emitir radiación un átomo aumenta su número atómico en una unidad, sin cambiar su número másico, podemos concluir que está emitiendo:
  - A. partículas  $\beta^+$ .
  - B. neutrones.
  - C. rayos gamma.
  - D. partículas alfa.
  - E. partículas  $\beta^-$ .

### II Completa la tabla con la información que se pide (1 punto cada cuadro).

Radiación	Naturaleza	Carga eléctrica	Masa	Símbolo	Poder ionizante
Alfa					
Beta					
Gamma					

### III Analiza y responde las siguientes preguntas por escrito (2 puntos cada una).

1. El tritio es un isótopo radiactivo del hidrógeno que tiene un período de semidesintegración de 12,3 años. Si tenemos una muestra de 10 mg, ¿qué cantidad de isótopo habrá después de 61,5 años?
2. Un fósil de un vegetal contiene 10 moles de C-14, si cuando estaba vivo contenía  $1,28 \times 10^3$  moles de C-14. Calcula la edad del fósil ( $t_{1/2} = 5730$  años).
3. ¿Qué concentración sanguínea habrá alcanzado una sustancia, cuya vida media es de tres días, al cabo de doce días si su concentración inicial era de  $2 \times 10^{-6}$  mg?

### IV Lee y responde en tu cuaderno (3 puntos cada una).

1. ¿Cuáles son los efectos de las emisiones radiactivas sobre los seres vivos? Señala tres.
2. ¿Qué relación hay entre el poder de penetración de las radiaciones y sus efectos sobre los organismos?

### Me evalúo

Completa la tabla. Para estimar tu puntaje, sigue las indicaciones que te señalará tu profesor o profesora.

Debería	Ítem (preguntas)	Puntaje		¿Qué debo hacer?
		Total	Obtenido	
• Caracterizar los tipos de emisiones radiactivas: alfa, beta y gamma.	Ítem II	15		Según los puntajes logrados, realiza las actividades que te indicará tu profesor o profesora.
• Reconocer la relación entre estabilidad nuclear y emisión radiactiva. Calcular el tiempo de vida media, siguiendo un método de resolución de problemas.	Ítem I Ítem III	16		
• Identificar y describir algunos efectos de las radiaciones.	Ítem IV	6		

# Tema 3

## Fenómenos nucleares inducidos y sus aplicaciones

### Actividad exploratoria

#### ¿Cómo se puede transformar artificialmente un núcleo en otro?

##### A. Antecedentes

La transmutación es la conversión de un núcleo en otro, por medios naturales o artificiales. Como ya estudiaste en el Tema 2, la transmutación ocurre de manera espontánea en las desintegraciones radiactivas naturales. Pero ¿se podría realizar artificialmente? Ernest Rutherford, años después de su famoso experimento con la lámina de oro, precisamente en 1919, logró la primera transmutación inducida; debido a este hecho, muchos lo llamaron “el primer alquimista exitoso de la historia”.

##### B. Procedimiento

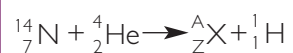
Lee y analiza el siguiente procedimiento realizado por Rutherford, quien pensaba que bombardeando núcleos estables con partículas pequeñas, conseguiría penetrarlo y así transmutar un elemento en otro.

1. Para comprobarlo, montó una experiencia muy sencilla en la que bombardeó nitrógeno gaseoso con partículas alfa que emite el elemento radio.
2. Rutherford logró la transmutación del nitrógeno, obteniendo dos partículas distintas: por un lado, protones, y por otro, un átomo diferente al original, el que tenía un número másico (A) de 17 y un número atómico (Z) de 8.

##### C. Análisis y conclusiones

Lee y responde las siguientes preguntas.

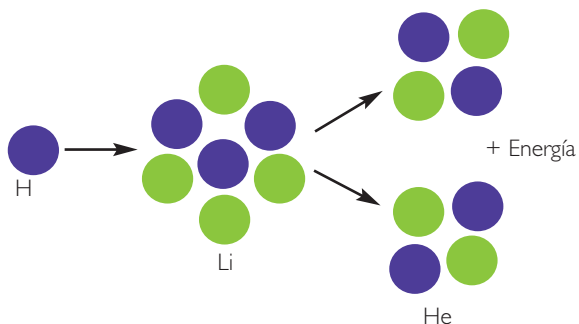
- a. Los resultados de la experiencia de Rutherford se pueden representar a través de una ecuación. Identifica X (recuerda que el núcleo de hidrógeno es un protón, por eso se usa el símbolo  ${}^1_1\text{H}$  para identificarlo, y que las partículas alfa son núcleos de helio que se representan como  ${}^4_2\text{He}$ ).



- b. Explica a través de un dibujo cómo piensas que ocurre esta reacción, representando con círculos de distinto color cada partícula subatómica.
- c. ¿Qué otras partículas crees que se podrían utilizar para bombardear núcleos atómicos y así lograr una transmutación? Explica.
- d. Con esta experiencia, Rutherford obtuvo por primera vez protones del núcleo de un átomo que no era hidrógeno. ¿Qué conclusión importante se pudo extraer a partir de este resultado?
- e. ¿Qué ventajas y desventajas piensas que tiene para los seres humanos el hecho de poder transmutar elementos en forma artificial?
- f. Por mucho tiempo, los alquimistas de la Edad Media buscaron transformar metales en oro a través de reacciones químicas. Averigüen por qué no tuvieron éxito.

## 1. Radiactividad inducida

En el *Tema 2*, estudiamos las reacciones nucleares en las cuales un núcleo se desintegra espontáneamente liberando emisiones radiactivas y transformándose en un núcleo diferente, es decir, el proceso que llamamos **radiactividad natural**. Pero también hay formas artificiales de cambiar la identidad de un núcleo; por ejemplo, como analizamos en la *Actividad exploratoria*, al bombardear núcleos atómicos con partículas alfa, neutrones, protones u otras partículas subatómicas, se pueden inducir estas reacciones nucleares.



Ejemplo de radiactividad inducida.

Al igual que en la **radiactividad natural**, este proceso genera 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.

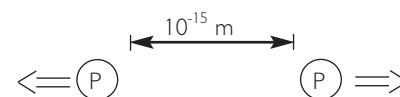
En la radiactividad inducida intervienen cuatro partículas: un núcleo objetivo, una partícula que bombardea, un núcleo producto y una partícula expulsada. Las partículas más utilizadas para bombardear núcleos, y así obtener diferentes isótopos, son los neutrones. Al tener carga neutra, evitan la repulsión entre la partícula y el núcleo, facilitando de este modo la interacción.

### ¿Cómo ocurre la conversión de un núcleo en otro?

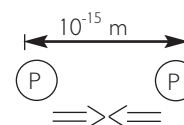
Se produce de dos maneras: una es fragmentando el núcleo en dos de menor tamaño, o bien, agregando protones o neutrones, con lo que se obtiene un núcleo de mayor tamaño.

En el interior de un núcleo actúan dos tipos de fuerzas: la **fuerza de repulsión eléctrica (a)**, que tiende a separar los protones, y la **fuerza nuclear fuerte (b)**, 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**.



a. Fuerza de repulsión eléctrica



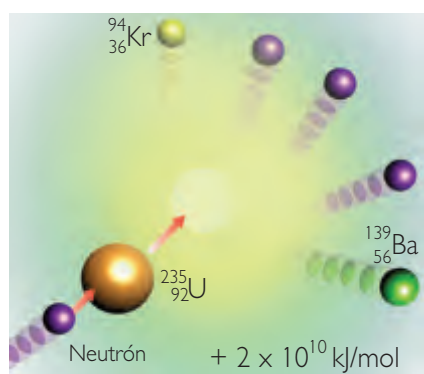
b. Fuerza nuclear fuerte

## 2. Fisión nuclear

La fisión nuclear se produce cuando un **núcleo pesado** se divide en dos núcleos más livianos, que son más estables y tienen mayor **energía de enlace**. En este proceso se libera una gran cantidad de energía. Se denomina energía de enlace (E) a la que se libera al formarse un núcleo a partir de sus partículas constituyentes (protones y neutrones) y coincide con la energía que hay que entregarle al núcleo para separar las partículas que lo constituyen.

**¿Cuándo se consiguió por primera vez dividir un núcleo?**

En 1938, los químicos alemanes Otto Hahn (1879-1968) y Fritz Strassmann (1902-1980) detectaron la presencia del elemento bario (Ba) en una muestra de uranio (U) que había sido bombardeada con neutrones. Trabajos posteriores confirmaron que un núcleo de uranio-235 había capturado un neutrón y sufrido **fisión nuclear**; es decir, el núcleo se había dividido en dos. Este proceso se puede representar a través de la siguiente ecuación:



Al bombardear un núcleo pesado como del U-235; este se divide en núcleos más ligeros, desprendiendo en el proceso más neutrones y energía.

La reacción de fisión produce más neutrones de los que actúan al inicio. En este hecho se basa la sustentabilidad de la reacción, es decir, el bombardeo con un solo neutrón produce tres neutrones capaces de inducir otras tres reacciones de fisión (de otros núcleos de uranio de la muestra), que liberan nueve neutrones en total, los que inducen nueve fisiones más, que producen 27 neutrones, y así sucesivamente.

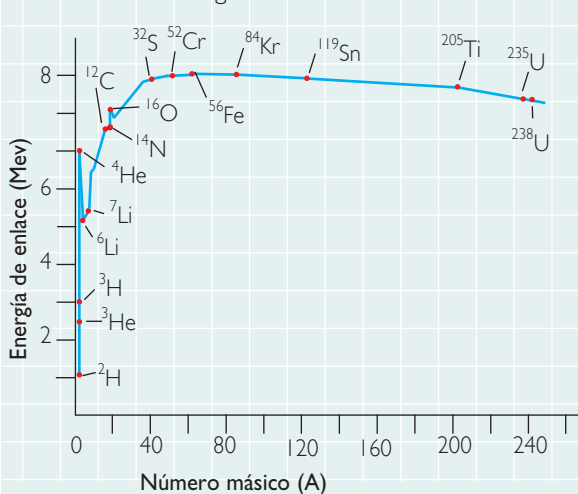
### Actividad 13

### Interpretar

Observa y analiza el siguiente gráfico y, luego, responde en tu cuaderno.

- Si sabemos que a mayor energía de enlace mayor estabilidad nuclear, ¿cuál es el elemento más estable?
- ¿Qué relación hay entre la energía de enlace y el número másico de un elemento? Explica.

Gráfico N° 4: Energía de enlace versus número másico.



Fuente: Archivo Editorial.

## 2.1. Reacciones en cadena

### Actividad 14

### Representar y analizar

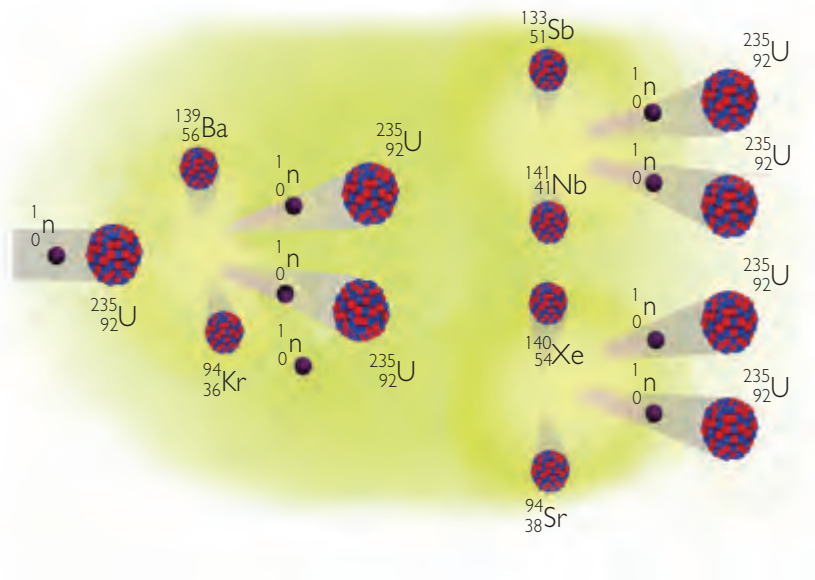
Consigue un juego de dominó y realiza la actividad que te indicará tu profesor o profesora, con el objetivo de simular una reacción nuclear en cadena. Luego, responde las preguntas que se indican.

1. ¿Con cuántas piezas y en qué disposición lograste el mejor resultado? Intenta explicar por qué.
2. Entre las demostraciones del curso, ¿hubo algún ordenamiento mejor que el tuyo? Explica por qué.
3. Durante el proceso de fisión nuclear, un neutrón impacta un núcleo atómico pesado y este se divide en dos núcleos atómicos más pequeños que liberan neutrones. ¿Qué analogía establecerías entre la fisión nuclear y el juego que hiciste con el dominó?



En la fisión nuclear, el núcleo fisionable (U-235 o Pu-239) es impactado por un neutrón, partiéndose en dos núcleos más pequeños, los cuales son desprendidos a altas velocidades. Durante el proceso de fisión, los nuevos núcleos colisionan con las moléculas que se encuentran a su paso, transformando su energía cinética en calor, y los neutrones liberados, impactan a otros átomos fisionables, desprendiéndose así nuevos neutrones que fisionarán otros núcleos, y así sucesivamente. Si este proceso continúa, ocurre una **reacción en cadena**, tal y como se representó en la *Actividad 13*. Una reacción en cadena de fisión nuclear, de no ser controlada, puede provocar una gigantesca explosión.

Sin embargo, la reacción en cadena solo es posible cuando se tiene una cantidad mínima de núcleos fisionables, llamada **masa crítica**, es decir, una determinada y suficiente cantidad de átomos. La masa crítica del uranio-235 es de alrededor de 1 kilogramo.

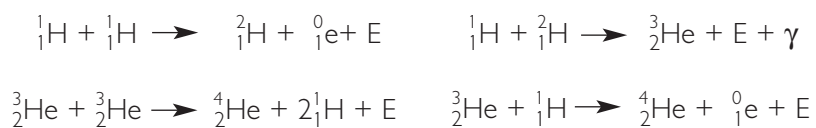


La imagen representa la fisión nuclear del U-235. En esta se ha detectado la producción de unos 34 núcleos distintos radiactivos y no radiactivos, incluidos los que se muestran en el dibujo.

### 3. Fusión nuclear

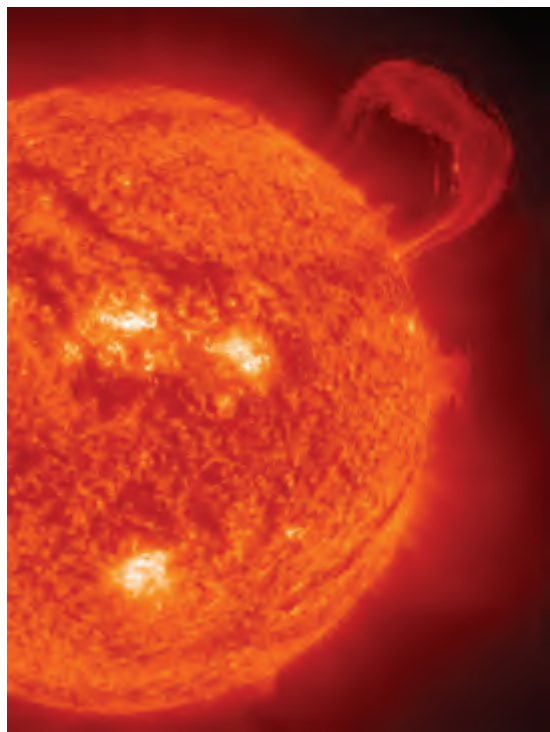
Cuando núcleos muy ligeros se unen para formar núcleos más pesados y más estables, se generan grandes cantidades de energía. Estas reacciones corresponden a la fusión nuclear y son el origen de la energía que produce el Sol y en las estrellas, en general, la que les permite brillar.

La masa del Sol está constituida por 73% de hidrógeno, 26% de helio y 1% de los demás elementos. Algunos de los procesos de fusión que ocurren en él son las reacciones entre: dos núcleos de H-1 (protio); dos núcleos de He-3; combinaciones de un núcleo de H-1 y otro de H-2 (deuterio) o uno de H-2 con otro de H-3 (tritio), y combinaciones de núcleos de He con núcleos de H, según las siguientes ecuaciones:

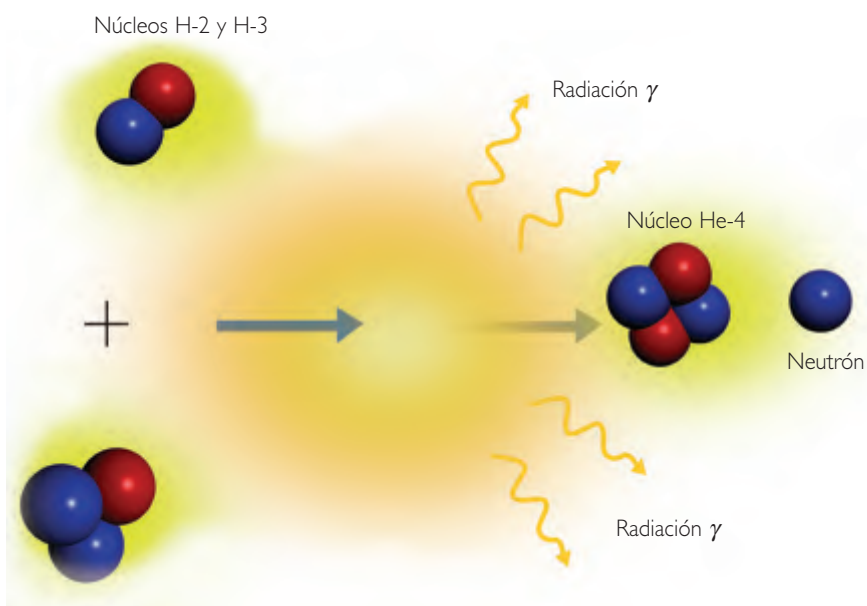


La fusión de los átomos de hidrógeno libera cuatro veces más energía por gramo que lo emitido en una reacción de fisión nuclear. Sin embargo, el proceso requiere de temperaturas elevadísimas, del orden de  $10^6$  a  $10^7$  grados Kelvin, condición necesaria para vencer las fuerzas de repulsión entre los núcleos y lograr que estos se fusionen. Por este motivo, a estas reacciones se les denomina también **reacciones termonucleares**.

La fusión parece ser una fuente de energía prometedora, debido a la disponibilidad de isótopos ligeros y porque el proceso no deja desechos radiactivos; es decir, no constituye una amenaza para el ambiente. No obstante, este proceso no se usa actualmente para generar energía, porque ha sido imposible alcanzar las temperaturas requeridas para obtener una fusión controlada, y por lo tanto, una liberación de energía también controlada.



El Sol genera la mayor parte de su energía por medio de la fusión de núcleos de helio o combinaciones de estos.



La imagen representa la fusión nuclear entre el deuterio (H-2) y el tritio (H-3).



## 4. Relación masa-energía en las reacciones de fisión y de fusión

La energía que se produce en las reacciones nucleares de fisión y fusión va acompañada de “pérdidas” mensurables de masa. La enorme cantidad de energía desprendida en el transcurso de estos procesos nucleares proviene de la masa de las partículas implicadas en la reacción, es decir, una parte de la materia fisionable o fusionable se transforma en energía, que equivale a la diferencia de masa ( $m$ ) multiplicada por la velocidad de la luz ( $c$ ) al cuadrado. Esto, de acuerdo con la relación de Einstein, se expresa así:

$$E = m \times c^2$$

Como ya estudiamos, el **cambio de masa** ( $m$ ) corresponde a la masa total de los productos menos la masa total de los reactivos; y el **cambio de energía** ( $E$ ) equivale a la cantidad de energía en el estado final del sistema menos la del estado inicial, es decir, la energía que se libera en la reacción.

Comparemos el cambio de masa y de energía de la reacción química de la combustión del metano ( $\text{CH}_4$ ) con la reacción nuclear de desintegración radiactiva del uranio-238:

<b>Combustión de 1 mol de <math>\text{CH}_4</math>:</b>	$m = -9,9 \times 10^{-9} \text{ g}$	$E = -890,4 \times 10^3 \text{ J}$
<b>Desintegración de 1 mol de U-238:</b>	$m = -0,0046 \text{ g}$	$E = -4,1 \times 10^{11} \text{ J}$

Si analizamos ambos procesos en función de la ecuación de Einstein, podemos reconocer que, en las reacciones químicas, la variación de la masa ( $m$ ) es pequeña, al igual que la cantidad de energía que se libera ( $E$ ), en comparación con lo que ocurre en las reacciones nucleares. Por lo tanto, se puede considerar que en las reacciones químicas existe conservación de la masa. En tanto, en las reacciones nucleares,  $m$  tiene valores muchos más altos, y la masa que el sistema “pierde” se transforma en una enorme cantidad de energía. En estos casos (reacciones nucleares), no se puede hablar de conservación de la masa. La masa que el sistema pierde se transforma en energía.

### Conexión con... Astronomía

La teoría que mejor explica los inicios y la formación del Universo es la llamada teoría del *big bang*, propuesta por el físico estadounidense de origen ruso George Gamow (1904-1968), basada en las observaciones realizadas por el astrónomo estadounidense Edwin Hubble (1889-1953) sobre la expansión del Universo. Esta teoría postula que, minutos después de transcurrida la explosión, se fusionaron las primeras partículas, formando así los núcleos de los átomos más ligeros. Un millón de años después, las nubes del gas de hidrógeno y helio se fusionaron gracias a la atracción gravitacional, originándose las primeras estrellas.

La temperatura presente era del orden de  $10^8 \text{ K}$ , suficiente como para que los núcleos de los átomos livianos se fusionaran y comenzaran a formarse átomos más pesados. Una vez que todo el hidrógeno se convirtió en helio-4, este se fusionó para generar los elementos más pesados, principalmente carbono-12 y oxígeno-16.



## DESARROLLO DE CONTENIDOS

### Reflexionemos

Se estima que la sexta parte de la electricidad que consume el planeta se produce en unos 600 reactores nucleares de potencia, en más de 30 países. En Europa existe una gran producción y utilización de energía nuclear; por ejemplo, en Francia, más del 75% de la electricidad se genera de esta manera. Estados Unidos es actualmente el país con mayor cantidad de centrales nucleares ( $10^4$ ).

En América Latina, la utilización de energía nuclear en términos de generación eléctrica total es muy escasa, alrededor de 2%, y se concentra en solo tres países: Argentina, Brasil y México.

1. ¿Qué opinas sobre la utilización de centrales nucleares, considerando las ventajas y desventajas que presentan?
2. ¿De qué forma se podrían evitar desastres como el ocurrido en 2011 en Japón con las centrales nucleares?

## 5. Aplicaciones pacíficas de la fisión nuclear

Una de las aplicaciones pacíficas de la fisión nuclear es la **generación de electricidad** utilizando el calor producido por una reacción en cadena, controlada en un reactor nuclear. El **reactor nuclear** es un sistema construido para controlar la energía que se produce en la reacción en cadena y, por tanto, impedir el aumento indefinido en el número de fisiones. El reactor nuclear consiste, básicamente, en un contenedor en cuyo interior se deposita el **combustible nuclear**, que puede ser uranio-235 o plutonio-239.

El combustible nuclear de uranio se utiliza en forma de óxido,  $U_3O_8$ . El uranio natural contiene aproximadamente 0,7% del isótopo U-235, que es una concentración demasiado baja para sostener una pequeña reacción en cadena. Para que trabaje con eficacia, el combustible nuclear debe enriquecerse con U-235 a una concentración del 3 al 4%.

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. Con la fisión nuclear de 1 g de uranio se obtiene la misma cantidad de energía eléctrica que con la combustión de 2500 kg de carbón o la que produciría la explosión de 30 000 kg de trinitrotolueno (TNT).

### Central nuclear

#### Barras de control

Son elaboradas con cadmio o boro, que absorben los neutrones. Sin estas barras de control, el calor generado derretiría el "corazón" del reactor, liberando materiales radiactivos al ambiente.

#### Sistema de blindaje

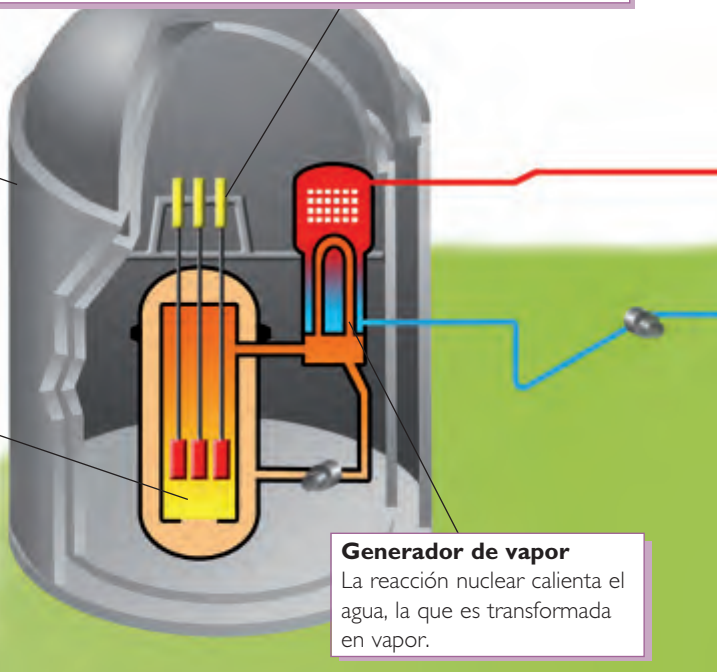
Evita la fuga de radiaciones al exterior del reactor.

#### Núcleo del reactor

Lugar donde se encuentra el material fisionable (uranio) y se produce la reacción nuclear.

#### Generador de vapor

La reacción nuclear calienta el agua, la que es transformada en vapor.

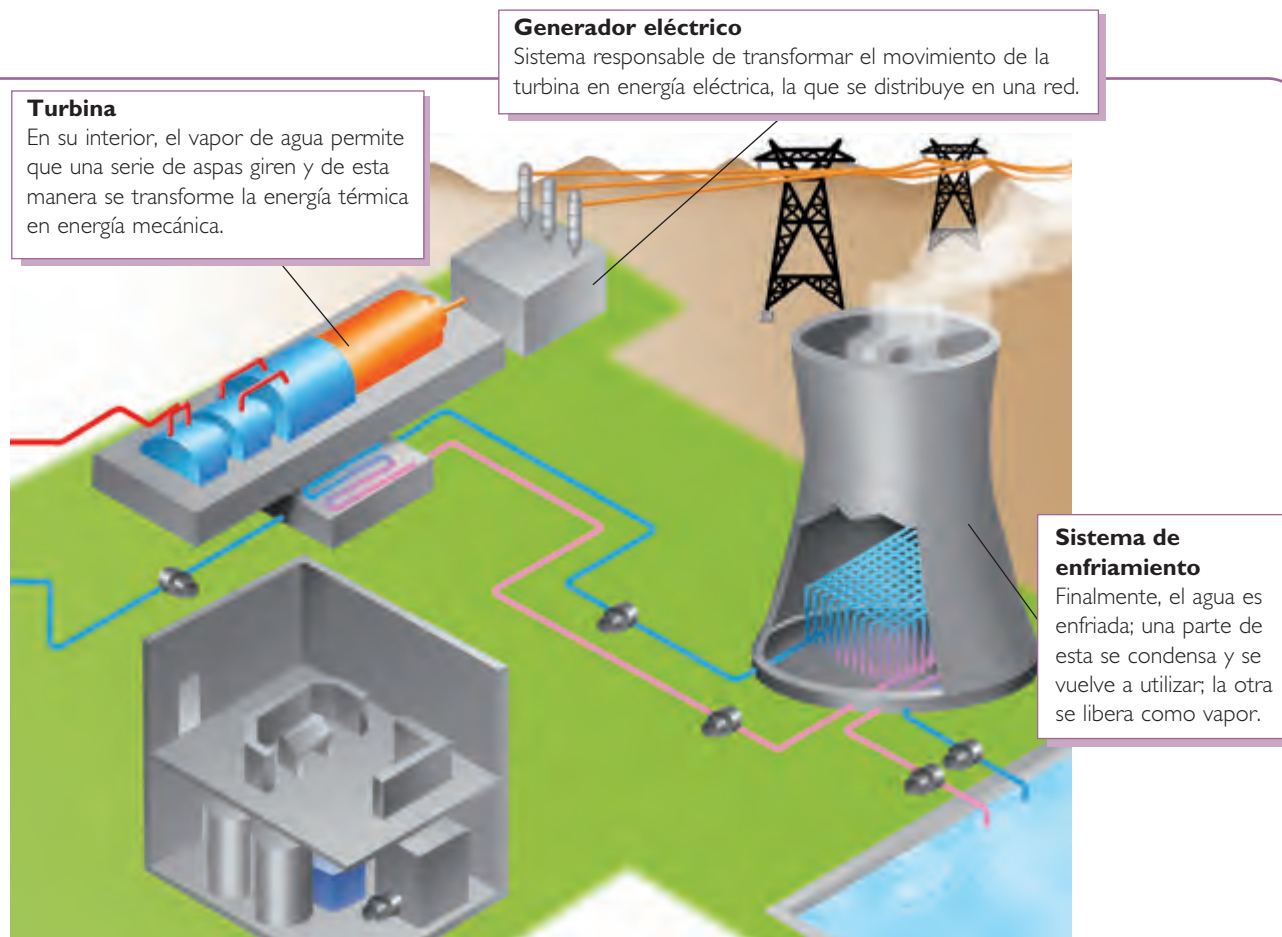


Hay dos grandes tipos de reactores: los **reactores de potencia** y los **reactores de investigación**. Los primeros funcionan básicamente como calderas, donde la fuente de calor es la fisión de los átomos de U-235. Son ampliamente utilizados para la generación de electricidad y para impulsar grandes buques y submarinos militares. En tanto, los reactores de investigación emplean los neutrones generados en el proceso de fisión para producir radioisótopos de interés y para irradiar materiales con fines de investigación científica y tecnológica. La energía térmica generada es disipada al ambiente a través de torres de enfriamiento.

**Actividad 15****Identificar e interpretar**

Observa la imagen que representa el funcionamiento de un reactor nuclear y responde las siguientes preguntas.

1. ¿Cuál es la función del sistema de blindaje?
2. ¿Cuál es la función de las barras de control?
3. ¿Cuál es el combustible nuclear que se utiliza?
4. ¿En qué lugar del sistema del reactor se produce la electricidad?



## 5.1. Ventajas y desventajas de las centrales nucleares

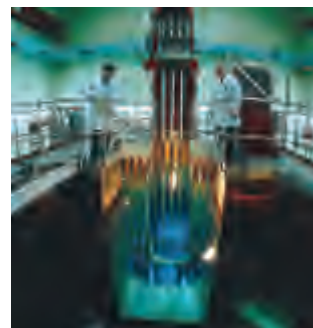
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La energía nuclear desempeña un papel importante en el retraso del calentamiento global, ya que no emite gases invernadero como <math>\text{CO}_2</math>, ni tampoco partículas de carbón o cenizas.</li> <li>• Los residuos radiactivos generados por estas 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.</li> <li>• 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.</li> </ul>
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• 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.</li> <li>• Existe el riesgo de accidentes nucleares, como el ocurrido en Chernobyl en 1986, el de Three Miles Island (EE UU) en 1979 y el de Japón ocurrido luego del terremoto que afectó a este país, en 2011.</li> <li>• 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.</li> <li>• 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.</li> </ul>

### Rincón del debate

Lee y comenta con tu curso la siguiente información. Luego, discute sobre las ventajas y desventajas que podría generar la utilización de energía nuclear en nuestro país.

Durante las últimas décadas, la energía nuclear ha sido un recurso cuestionado por la sociedad. Sin embargo, en los últimos años esto ha cambiado, pasando a ser considerado una alternativa para luchar contra el cambio climático. La discusión acerca de las ventajas y desventajas de su utilización ha resurgido con más fuerza desde que las restricciones a las emisiones de  $\text{CO}_2$  del protocolo de Kioto presionan a los gobiernos.

En este contexto, los partidarios del uso de la energía nuclear lo defienden argumentando que es una alternativa mucho más limpia que el gas o el carbón y que puede dar respuesta a nuestro inmenso consumo energético sin emisiones de  $\text{CO}_2$ . Como consecuencia de esta visión, en muchos países se ha incrementado la construcción de centrales nucleares de uso pacífico.



## 5.2. Tecnología nuclear

### Actividad 16

### Analizar

Lee atentamente un hecho que trata sobre los progresivos avances de la tecnología nuclear. Luego, desarrolla las preguntas en tu cuaderno.

A fines de 1993, un grupo de científicos de la Universidad de Princeton (EE UU), luego de veinte años de experimentación, logró implementar el primer reactor de fusión, el Tokamak, que produjo en un segundo energía suficiente como para abastecer todo un pueblo. ¡Tres millones de watt! Esto fue posible gracias a la fusión entre núcleos de deuterio (H-2) y tritio (H-3).

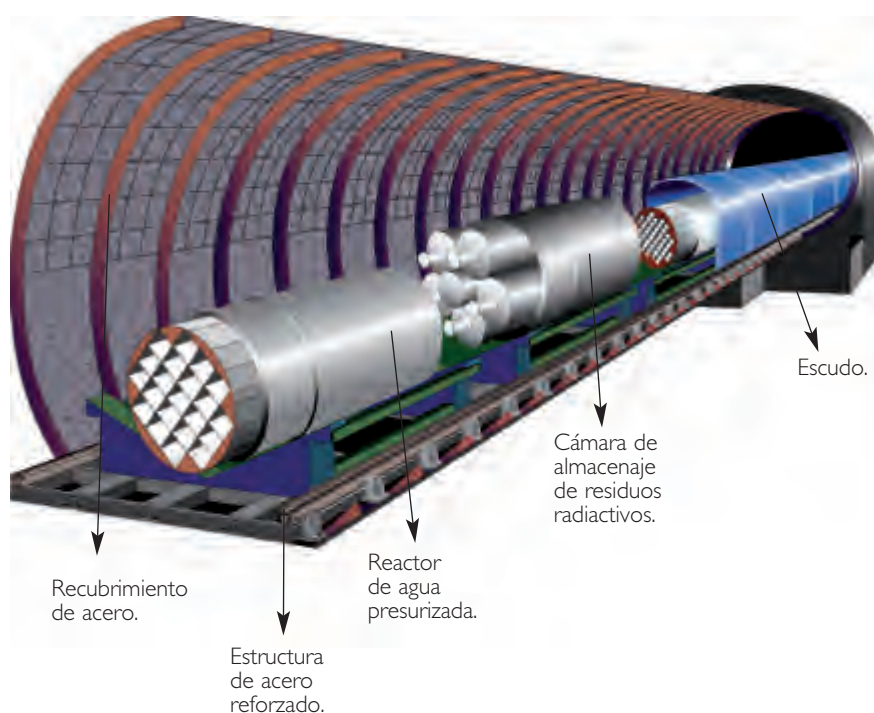
Así, el deuterio promete ser el combustible del futuro: con 1 g de deuterio se obtiene la misma cantidad de energía que con 4 g de uranio o que con 10 ton de carbón. Además, la fusión no produce desechos radiactivos, ya que se forma helio (He-4).

1. Plantea la ecuación que representa la fusión nuclear descrita.
2. Señala las ventajas que tiene el deuterio como combustible, en contraste con el uranio y el carbón.
3. Explica por qué la fusión del deuterio con el tritio es un procedimiento que no genera contaminación.

Pese a los grandes beneficios que se podrían obtener de la fusión nuclear, esta tecnología aún se encuentra en una etapa de estudio y desarrollo. Actualmente, la producción de energía se deriva de la fisión nuclear, que es considerada por muchos una amenaza para el medioambiente.

A pesar de todas las medidas de seguridad dispuestas, el funcionamiento de una central nuclear produce residuos radiactivos, cuyo tratamiento es muy costoso y, eventualmente, podría generar un desastre ambiental. El esquema que se presenta a continuación muestra las medidas de seguridad con las que se tratan los residuos radiactivos.

### Almacenaje de residuos radiactivos





### Conceptos clave

**núcleos objetivo:** corresponden a núcleos de átomos que se hacen colisionar con partículas cargadas (núcleos de helio). Producto de estas colisiones, los núcleos objetivo sufren un proceso de transmutación.

### 5.3. Transmutación nuclear artificial

La Química que hoy se conoce nació de la alquimia, una práctica milenaria, mezcla de técnica, filosofía y magia, que se originó en el Oriente helénico hacia el siglo I a. C. y tuvo su mayor esplendor durante la Edad Media. El sueño de los alquimistas era la transmutación de los elementos, específicamente la transformación de los metales comunes en oro, es decir, convertir un elemento en otro. Pero, a pesar de sus esfuerzos, nunca lo lograron.

Como ya analizaste en la *Actividad exploratoria* (página 120) de este tema, Ernest Rutherford bombardeó núcleos de nitrógeno-14 con radiación alfa y produjo un nuevo núcleo: oxígeno-17. Demostró así que era posible convertir artificialmente un elemento en otro. Con este método experimental se creaba la **transmutación nuclear artificial**.

Actualmente, para producir estas reacciones, se utilizan neutrones o partículas cargadas, generalmente núcleos de helio (partículas alfa) con las que se bombardean los **núcleos objetivo**.

Las partículas alfa deben ser aceleradas para vencer la repulsión que existe entre ellas y el núcleo objetivo; para lograrlo se utilizan los **aceleradores de partículas** o **ciclotrones**, enormes instrumentos con conductos por los cuales se transportan y aceleran los proyectiles nucleares, forzándolos a seguir una trayectoria determinada, en espiral o en línea recta, con el fin de aumentar gradualmente su energía cinética. Cuando las partículas alcanzan la energía necesaria para provocar la reacción nuclear, son conducidas fuera del ciclotrón para hacer colisión con los núcleos que se desea transformar (objetivo).

Los neutrones producidos en reactores nucleares son las partículas más utilizadas para bombardear núcleos y así obtener diferentes isótopos. Como los neutrones son partículas sin carga, no existe repulsión entre ellos y el núcleo, por lo que no es necesario acelerarlos.



En medicina, los ciclotrones sirven para la obtención de radiofármacos útiles en el diagnóstico de tumores cancerígenos, en estado inicial.

Mediante estos métodos ha sido posible sintetizar elementos más pesados que el uranio, los llamados **elementos transuránicos**, y también se ha descubierto una amplia variedad de otras subpartículas nucleares. Durante el siglo pasado se detectaron más de doscientas nuevas partículas, más pequeñas que los protones y neutrones, algunas de vida efímera.

Gentileza CCHEN.



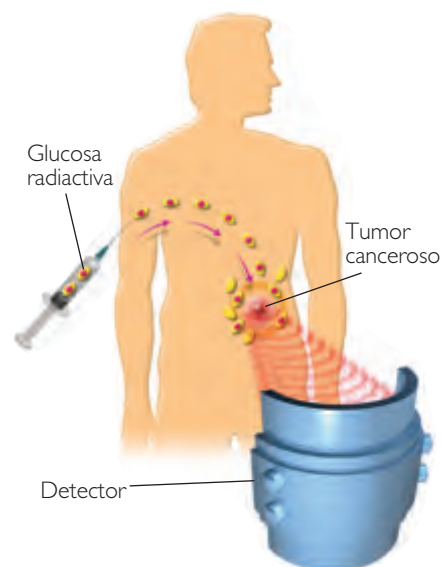
## 5.4. Aplicación de radioisótopos

### Actividad 17

### Analizar

Observa la siguiente imagen que representa el mecanismo de acción de un radiofármaco en la localización de un tumor. Luego, responde las preguntas.

1. ¿Por qué se utiliza glucosa radiactiva para la detección de tumores? Considera que tanto la glucosa radiactiva como la no radiactiva se metabolizan en las células del mismo modo, y que las células cancerígenas captan esta sustancia a una mayor velocidad.
2. Describe el mecanismo de acción de los isótopos radiactivos en la detección del cáncer.
3. Averigua en distintas fuentes sobre los siguientes isótopos: yodo-131, hierro-59, fósforo-32 y tecnecio-99. Con la información seleccionada, construye una tabla donde se señale la vida media y área del cuerpo estudiada por estos isótopos.



Los isótopos radiactivos o radioisótopos se producen en los reactores nucleares de investigación. Para ello se procede a bombardear determinados núcleos con algunos de los neutrones generados en las fisiones que se llevan a cabo dentro del reactor.

El comportamiento químico de los isótopos radiactivos es idéntico al de los isótopos estables del mismo elemento, pero **emiten radiaciones**, por lo que se pueden usar como “**trazadores**” (localizadores) (*Actividad 16*) o para “**tratamiento**”, por los efectos que las radiaciones producen en las células.

Como **trazadores** los radioisótopos se introducen en el organismo vivo o en cualquier otro sistema con el objeto de seguir su trayectoria, a través de la detección de las radiaciones que emiten. Así, es posible conocer en qué procesos y cómo intervienen dichos átomos en el sistema en estudio.

Los isótopos radiactivos o **radiofármacos** de vida media discreta se han convertido en herramientas muy útiles para el diagnóstico. Por medio de ellos, los médicos estudian los órganos y tejidos sin alterarlos, detectan tempranamente muchas enfermedades y las tratan oportunamente.

Como ya estudiamos, las radiaciones de alta energía son peligrosas, ya que destruyen células sanas ocasionando diversos daños. Sin embargo, la radiación también elimina células malignas, como las cancerosas, que son mucho más afectadas por la radiación que las células normales; por lo tanto, es posible destruir tumores malignos usando la misma radiación que en muchos casos los ocasionó.

### 5.5. Otros usos de los trazadores

Las aplicaciones de los radioisótopos no solo abarcan la salud. Veamos algunos otros empleos de gran importancia.

Campo de aplicación	Características
<b>Industria</b>	Los trazadores radiactivos se introducen en un determinado proceso y luego se detecta la trayectoria de estos gracias a su emisión radiactiva, lo que permite investigar diversas variables propias del proceso. Por ejemplo, localizar fugas de líquidos o gases que se transportan a través de cañerías subterráneas, como en un oleoducto; descubrir caudales de fluidos y si hay filtraciones. También es posible obtener imágenes de piezas con su estructura interna utilizando radiografías a base de rayos gamma, llamadas <b>gammagrafías</b> .
<b>Estudio del medioambiente</b>	Se emplean para la detección y análisis de contaminantes. La técnica consiste en irradiar una muestra, por ejemplo, de agua o de suelo, de tal modo de obtener los espectros gamma que ella emite, para finalmente procesar la información con ayuda computacional. Así se pueden identificar los elementos presentes en la muestra y las concentraciones de los mismos. Una serie de estudios se han podido aplicar a problemas de contaminación, como los causados por el dióxido de azufre, en derrames de petróleo, las descargas gaseosas a nivel de suelo, en contaminación de agua en los cursos naturales y en la producción de smog en el aire de las ciudades.
<b>Agricultura</b>	Los radioisótopos son utilizados en el estudio de la efectividad de los nutrientes sobre distintos cultivos. Para tal efecto se hace uso de fertilizantes marcados con radioisótopos, los que se ponen en las plantaciones en tiempos y lugares diferentes; así es posible determinar qué cantidad de nutrientes capta una planta y en qué época del año se debe aplicar el fertilizante para obtener una mayor productividad. Además, a partir de mutaciones genéticas inducidas por radioisótopos, es posible lograr cultivos más resistentes a las plagas. Asimismo, con el suministro de altas emisiones de radiación ionizante a insectos machos que constituyen una plaga, se ha logrado controlar su población, ya que estos machos irradiados no dejan descendencia. En Chile se aplica con éxito esta técnica para el control de la mosca de la fruta, lo que ha permitido la expansión de las exportaciones agrícolas chilenas.

#### Actividad 18

#### Seleccionar información

Ingresa a la página web de la Comisión Chilena de Energía Nuclear ([www.cchen.cl](http://www.cchen.cl)). Ahí encontrarás sitios e información relacionados con la energía nuclear. Léela y responde las siguientes preguntas.

1. El objetivo de Chile, respecto al tema del desarrollo nuclear, es: "Lograr un desarrollo integral de la energía nuclear con el fin de contribuir al desarrollo político, social y económico del país". Averigua qué se está haciendo para cumplir con este objetivo.
2. Chile posee la mayor reserva mundial de litio conocida, un metal de gran interés en el mundo. Indaguen sobre lo fundamental que es este elemento en la futura fusión nuclear.
3. Considerando la escasez y el costo de los combustibles (petróleo y carbón) de las centrales térmicas y el impacto ambiental de las centrales hidroeléctricas, la alternativa de la energía nuclear como una fuente de energía es viable en nuestro país en el mediano plazo. Al respecto, investiga sobre la forma en que se podría evitar la dependencia con otros países en el suministro del combustible nuclear.

## 5.6. Armas nucleares

Sin lugar a dudas, una de las aplicaciones científicas más nefastas en la historia de la humanidad ha sido el uso de la fisión nuclear con fines militares y concretamente para la fabricación de armas de exterminio masivo.

A todos nos causa estupor imaginar el fatídico bombardeo a Japón en 1945, y aún peor resulta saber que las bombas estalladas allí son muy pequeñas en relación al poder destructivo de las actuales armas nucleares.

Aunque no se conoce con exactitud la potencia nuclear de todos los países, se piensa que en EE UU y la ex URSS se concentra el 97% aproximadamente, alcanzando los 15 000 megatones. Un **kilotón (kt)** equivale a 1000 toneladas de TNT, y un **megatón (Mt)**, a 1000 kilotones, es decir, un millón de toneladas de TNT. La llamada bomba A, lanzada sobre Hiroshima y Nagasaki, tenía un poder destructivo equivalente a los 12 kt. En la actualidad se identifican principalmente tres tipos de armas nucleares.

- A. Bombas A.** Se basan en la fisión nuclear y usan como combustible uranio, plutonio o polonio y mezclas de ellos, que se fisionan liberando gran cantidad de energía y radiaciones. La mayoría de las bombas A están actualmente instaladas en misiles.
- B. Bombas H.** Se basan en la fusión nuclear, y el combustible es el hidrógeno y el helio. Para que la bomba H haga explosión es necesario someterla a temperaturas de varios millones de grados Celsius. Esto se consigue haciendo explotar previamente una bomba A, que al generar las altas temperaturas hace posible la fusión del hidrógeno o del helio y, junto con ello, gran liberación de energía.
- C. Bomba de neutrones.** Es una modificación de la bomba H. Consiste en 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. Las bombas H y de neutrones no han sido utilizadas más que en pruebas experimentales.

### Reflexionemos

Lee la siguiente información y luego coméntala con tus compañeros y compañeras.

El segundo ensayo nuclear de Corea del Norte, en mayo de 2009, puso en alerta a la comunidad mundial. La explosión subterránea en Pyongyang fue superior a la del primer ensayo ocurrido en 2006, produciendo un sismo de 4,72 grados en la escala de Richter. Este hecho fue catalogado por los norcoreanos como una respuesta a la amenaza militar y sanciones económicas impuestas por Estados Unidos, Japón, Rusia y Corea del Sur. En la actualidad se estima que el 97% de las armas nucleares están en manos norteamericanas y rusas y el resto repartido entre China, Francia y el Reino Unido.

**Fuente:**

[www.elmundo.es/elmundo/2009/05/25/internacional/1243220740.html](http://www.elmundo.es/elmundo/2009/05/25/internacional/1243220740.html).

(Adaptación).

1. ¿Qué opinas sobre la fabricación de armamento nuclear?, ¿por qué?
2. ¿Cuál será la razón o fundamento que lleva a estas naciones a invertir en armamento de este tipo?
3. ¿Qué consecuencias tendría para el planeta un conflicto bélico que involucre el uso de armas nucleares?



## DESARROLLO DE CONTENIDOS

### 5.7. Efectos de una guerra nuclear

Los efectos de una guerra nuclear han sido ampliamente estudiados. Experiencias como las de Hiroshima y Nagasaki han aportado información referida a lo que sucede en un ataque nuclear fulminante y centralizado, en el que el adversario no puede contraatacar. Imagina el siguiente escenario: una guerra en la que hubiera intercambio de “disparos nucleares” y que se desarrollara en el hemisferio norte. ¿Qué ocurriría? ¿Quiénes sobrevivirían a una catástrofe nuclear?

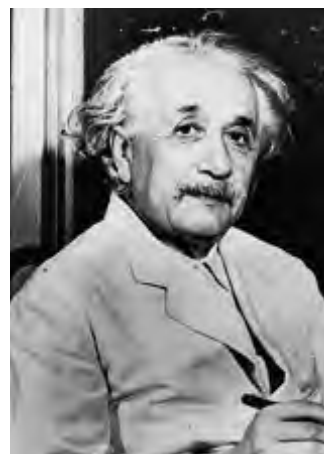
En estudios recientes se ha descubierto un grupo de bacterias capaces de sobrevivir a una dosis de radiación gamma de 1,5 millones de rad, algo así como 3000 veces lo que un ser humano puede soportar antes de morir. Esta dosis destruye el genoma de la bacteria en cientos de fragmentos, pero increíblemente este organismo posee la capacidad de reparar el daño que ha sufrido su ADN en apenas un día y así puede continuar viviendo. Tal vez, seres como estos son los únicos que sobrevivirían a una guerra nuclear, ya que dosis de radiación como las señaladas resultan mortales para los seres humanos y todos los demás seres vivos.

#### Actividad 19

#### Analizar y evaluar

Como ya analizaste en el *Reflexionemos* de la página 91 de esta Unidad, el 5 y 8 de agosto de 1945, las ciudades japonesas de Hiroshima y Nagasaki fueron objeto de un cruento bombardeo nuclear que provocó la muerte de aproximadamente 200 000 personas. Lee el siguiente texto luego responde en tu cuaderno.

La catástrofe ocurrida en Hiroshima y Nagasaki es un ejemplo de cómo la relación entre ciencia y sociedad puede ser utilizada con fines nefastos. Albert Einstein lideró la búsqueda de apoyo económico para la realización de investigaciones sobre la potencialidad del átomo. Entre 1939 y 1945, envió varias cartas al presidente de Estados Unidos, Franklin Roosevelt, solicitando colaboración para solventar la investigación que se estaba llevando a cabo sobre el uranio y la forma de convertirlo en fuente de energía. Sin embargo, cuando se dio cuenta de que los conocimientos alcanzados por sus colegas científicos sirvieron para construir la bomba atómica, expresó consternado: “Si lo hubiera sabido, habría sido relojero”. Durante el resto de su vida, Einstein participó en activas campañas en favor de la paz mundial y fue uno de los impulsores del humanismo científico, un enfoque que concibe la ciencia como una labor directamente comprometida con el bienestar de la humanidad.



Albert Einstein fue uno de los impulsores del humanismo científico.

Fuente: <http://edant.clarin.com/diario/2005/07/04/sociedad/s-03601.htm> (adaptación)

\*Las cartas enviadas por Einstein al presidente Roosevelt las puede encontrar en la siguiente página: <http://hypertextbook.com/eworld/einstein.shtml>

1. ¿Qué te parece la intervención de Albert Einstein en la gestión que finalmente apoyó el inicio de las acciones para construir una bomba atómica?
2. ¿Cuál es tu opinión sobre las decisiones de los científicos de investigar en campos que pueden ser de interés bélico y que tarde o temprano estarán afectos a decisiones políticas?
3. ¿Tú crees que se requiere la consulta de la gente ante decisiones tan importantes como la instalación de una central nuclear, considerando todos los riesgos y beneficios que ello puede tener?



Lectura científica

## La energía del mañana

En los próximos años, el NIF (en español: Centro Nacional de Ignición) de Livermore, California, realizará uno de los mayores y más importantes experimentos científicos de la historia.

Durante los últimos cincuenta años, científicos de distintas partes del mundo han trabajado por obtener una fusión nuclear controlada. Al parecer, este sueño ya no es tan lejano, pues se espera que en los próximos años investigadores del NIF realicen la primera reacción de fusión nuclear controlada del mundo. Para lograr esta misión, planean utilizar 192 rayos láser de gran tamaño, los que se orientarán sobre una cantidad de hidrógeno del tamaño de una arveja ubicada dentro de un cilindro de oro (*hohlraum*).

Se espera que los núcleos de los átomos de hidrógeno se fusionen, simulando el mismo proceso de fusión originado en las estrellas que brillan y nos proveen de energía lumínica. Con todos estos rayos operando, se focalizarán cerca de 2 millones de joules de energía láser ultravioleta sobre un pequeñísimo objetivo, creando así condiciones similares a aquellas que existen solamente en el centro de las estrellas.

La reacción de fusión resultante liberará una cantidad de energía superior a la requerida para iniciar la reacción. El director del NIF, doctor



El crecimiento explosivo de las grandes ciudades demanda una gran cantidad de energía. En el futuro, para dar abasto a este requerimiento, será necesario crear formas más eficientes y limpias de generación de energía.

Richard Boyd, señala que este centro ofrecerá oportunidades sin precedentes al avance del campo de la química nuclear. “Una instalación como esta nunca ha estado disponible para llevar a cabo experimentos en química nuclear”, dice Boyd, “Vamos donde nadie ha ido antes, y esto podría llevar a descubrimientos apasionantes y posiblemente no anticipados”. “Ninguna de estas pruebas podría generar una situación peligrosa”. Tan pronto como el combustible del objetivo se agote, en apenas unas billonésimas de segundo, la reacción se detiene, señala.

Fuente: [https://lasers.llnl.gov/science\\_technology/](https://lasers.llnl.gov/science_technology/) (Adaptación).

### Trabaja con la información

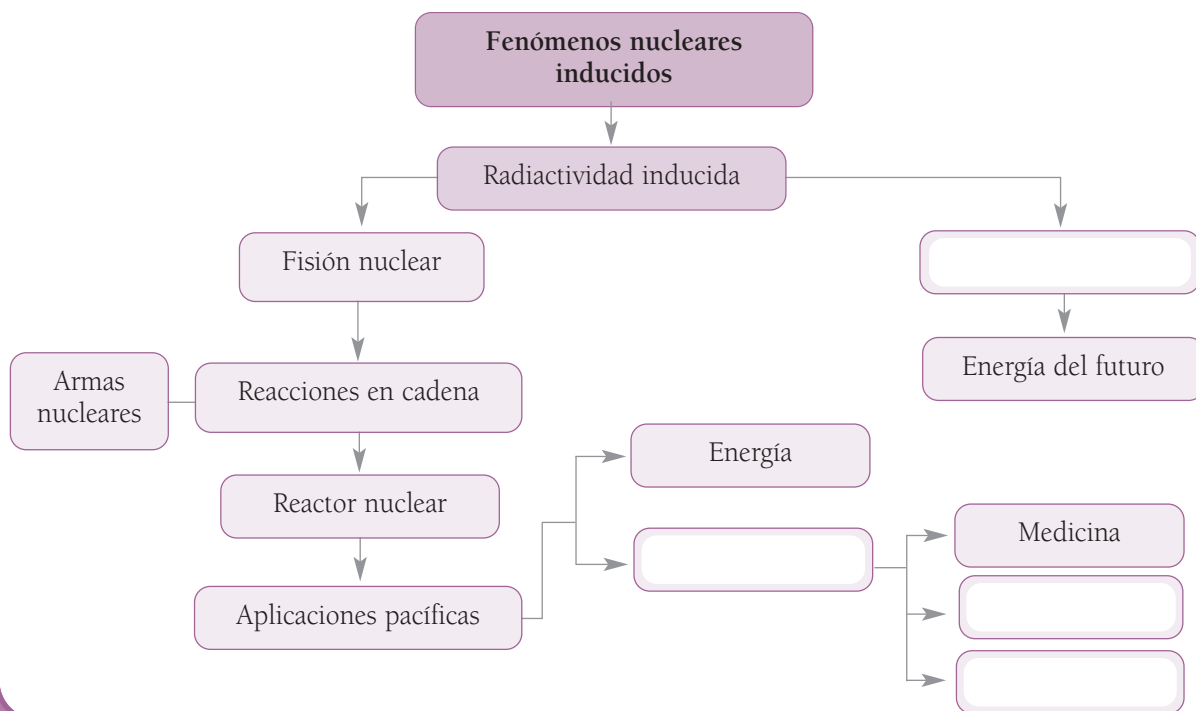
Lee y comenta las siguientes preguntas con tus compañeros y compañeras.

1. ¿Qué ventajas e inconvenientes podría tener el éxito de este experimento para los seres humanos y el medioambiente? Explica.
2. ¿Qué peligros crees que encierra un experimento de esta naturaleza?, ¿por qué?
3. ¿Por qué es importante el desarrollo e implementación de este tipo de tecnologías?

## SÍNTESIS - EVALUACIÓN DE PROCESO

## Síntesis del Tema 3

Lee y completa el siguiente esquema que resume los principales conceptos tratados en el Tema 3.



## Evaluación de proceso

**I** Lee las siguientes preguntas y selecciona la alternativa correcta (2 puntos cada una).

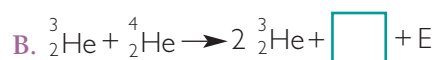
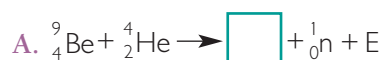
- ¿Qué nombre recibe la reacción nuclear en la que se combinan dos o más núcleos para formar otro?
  - Fisión.
  - Fusión.
  - Serie radiactiva.
  - Transmutación.
  - Reacción en cadena.
- Los desechos radiactivos se almacenan en un contenedor blindado para evitar:
  - las reacciones de fisión.
  - la liberación de electrones.
  - las reacciones de fusión.
  - el decaimiento radiactivo.
  - la fuga de radiación al exterior.
- Con respecto a la fisión nuclear, es correcto afirmar que:
  - dos núcleos se unen liberando gran cantidad de energía.
  - se usan reactores nucleares para producir reacciones controladas.
  - este tipo de reacciones producen desechos radiactivos.
  - Solo I
  - Solo II
  - Solo III
  - Solo I y II
  - Solo II y III



4. Una central nuclear funcionaría sin peligro si se cumple(n) la(s) siguiente(s) condición(es):
- tiene una ubicación lejos de las ciudades.
  - se previenen los errores humanos y mecánicos.
  - existe un buen manejo de los desechos radiactivos.
- A. Solo I  
B. Solo II  
C. Solo I y II  
D. Solo II y III  
E. Todas son correctas.
5. ¿Cuál o cuáles de las siguientes alternativas constituyen aspectos negativos de la utilización de energía nuclear?
- La síntesis de radioisótopos.
  - La construcción de bombas atómicas.
  - La eliminación de desechos radiactivos.
- A. Solo I  
B. Solo II  
C. Solo I y III  
D. Solo II y III  
E. Todas son correctas.

## II Analiza y responde las siguientes preguntas.

1. Completa las ecuaciones de fisión y fusión nuclear (1 punto cada una).



- Explica brevemente en qué consiste cada uno de estos procesos.
  - ¿En cuál de los dos procesos se da origen a núcleos más pesados?, ¿y más livianos?
  - ¿Qué diferencias existen entre una reacción en cadena y una reacción controlada?
2. Lee y responde las siguientes preguntas (2 puntos cada una).
- Explica brevemente en qué consiste el uso de trazadores nucleares en la medicina, la agricultura y la industria.
  - Explica cómo funciona el método de irradiación para el control de la mosca de la fruta.

## Me evalúo

Completa la tabla. Para estimar tu puntaje, sigue las indicaciones que te señalará tu profesor o profesora.

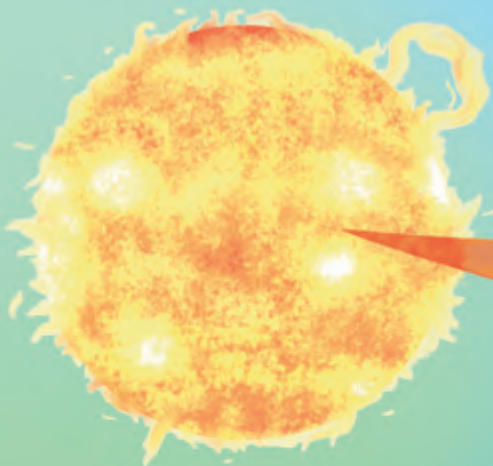
Debería	Ítem (preguntas)	Puntaje		¿Qué debo hacer?
		Total	Obtenido	
• Identificar y caracterizar los fenómenos de fisión y fusión nuclear.	Ítem I (1-3)	4		Según los puntajes obtenidos, realiza las actividades que te indicará tu profesor o profesora.
	Ítem II (1)	2		
• Identificar las ventajas y desventajas del uso de energía nuclear.	Ítem I (2-4-5)	6		
• Reconocer la importancia del uso de isótopos radiactivos en diversas áreas del saber.	Ítem II (2)	6		



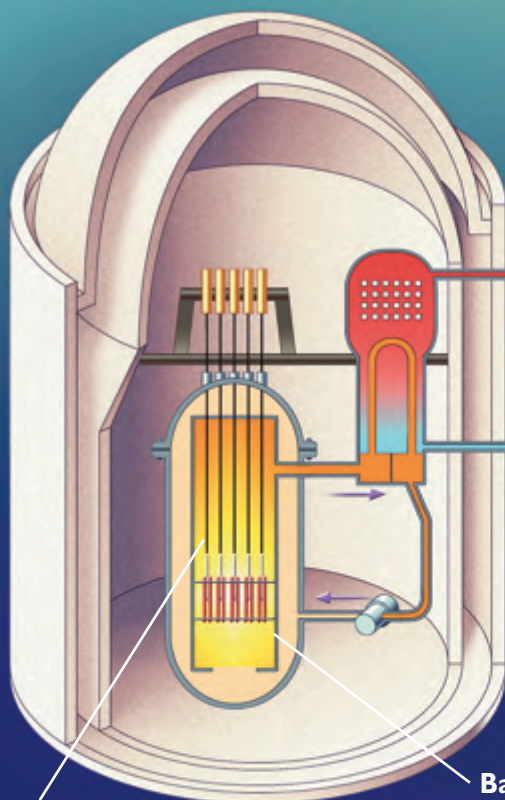
## SÍNTESIS DE LA UNIDAD

### Sol

Genera la mayor parte de su energía por medio de la fusión de núcleos de hidrógeno, núcleos de helio o combinaciones de estos. Para que esta reacción (fusión) se lleve a cabo se necesitan temperaturas elevadísimas, unos 100 millones de grados Celsius.



### Reactor nuclear



### Reactor nuclear

Sistema que controla la energía producida en una reacción en cadena, impidiendo el aumento indefinido de fisiones. Se compone por un material moderador, barras de control, sistema de enfriamiento y de blindaje.

Salida de vapor de agua a gran presión

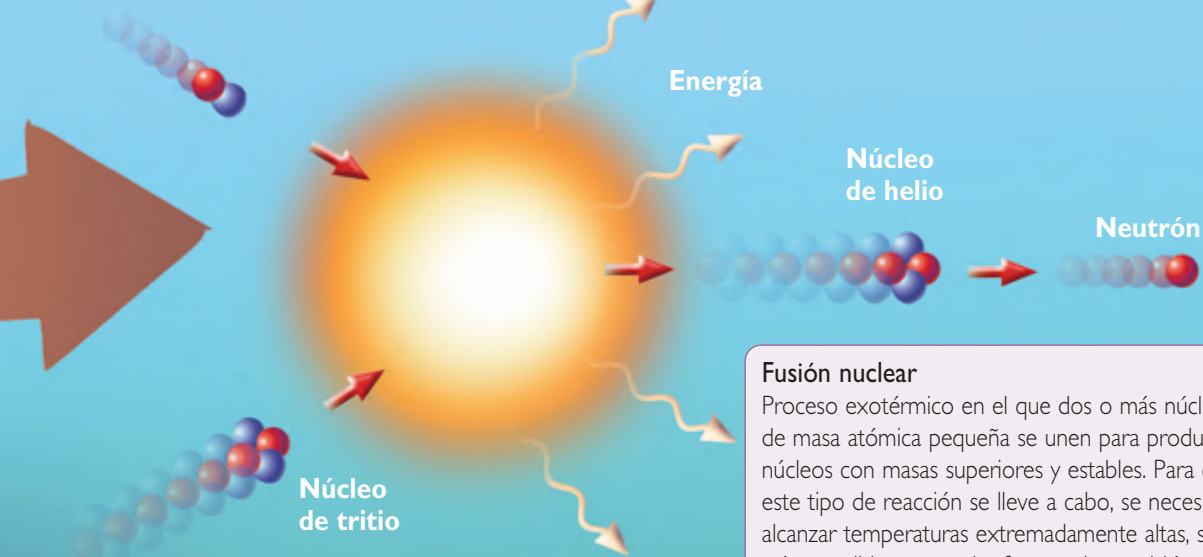
Ingreso de agua

Barras de control

Barras de uranio



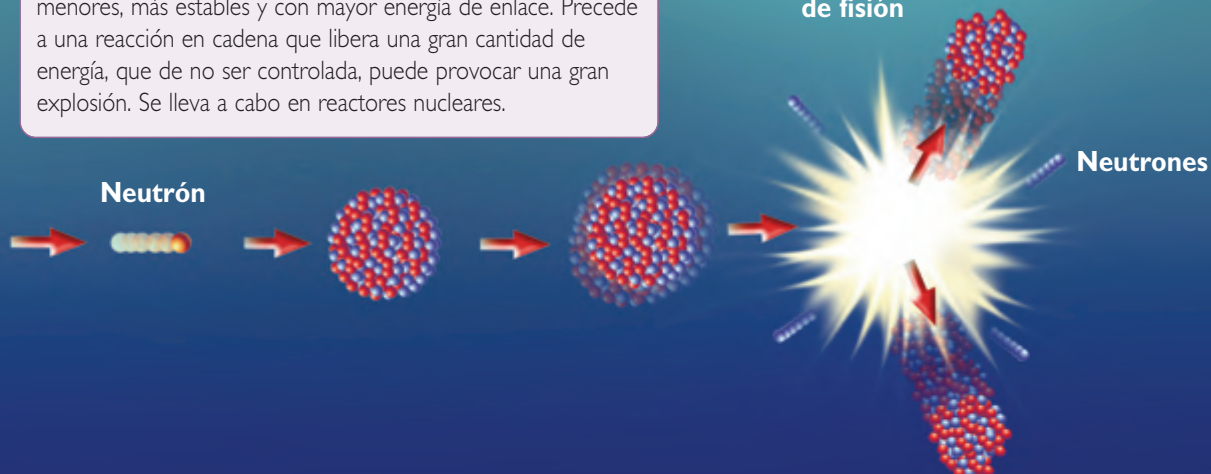
Núcleo de deuterio

**Fusión nuclear**

Proceso exotérmico en el que dos o más núcleos de masa atómica pequeña se unen para producir núcleos con masas superiores y estables. Para que este tipo de reacción se lleve a cabo, se necesita alcanzar temperaturas extremadamente altas, solo así es posible romper las fuerzas de repulsión que se generan entre los núcleos. Actualmente, la fusión no se utiliza para generar energía, ya que ha sido imposible alcanzar las temperaturas requeridas para obtener una fusión controlada, y por lo tanto una liberación de energía también controlada.

**Fisión nuclear**

Proceso exotérmico en el que núcleos de gran masa atómica se dividen, dando origen a dos o más núcleos con masas menores, más estables y con mayor energía de enlace. Precede a una reacción en cadena que libera una gran cantidad de energía, que de no ser controlada, puede provocar una gran explosión. Se lleva a cabo en reactores nucleares.

**Fragmento de fisión****Trabaja con la información**

Lee los contenidos estudiados en esta Unidad y comenta las siguientes preguntas con tus compañeros y compañeras de curso.

1. ¿En qué consiste el proceso de fusión nuclear?, ¿en qué se diferencia del proceso de fisión nuclear?, ¿qué tienen en común?
2. ¿En cuál de los dos procesos se genera mayor cantidad de energía?
3. ¿Qué partículas deben hacerse incidir sobre los núcleos de los átomos para originar una fisión nuclear?
4. ¿Qué condiciones se requieren para producir una reacción de fusión nuclear?



## QUÍMICA EN LA HISTORIA



**Wilhelm Conrad Roentgen**  
(1845-1923)

Físico de origen alemán. En 1885, mientras experimentaba con tubos de rayos catódicos descubrió accidentalmente los rayos X. Los llamó de esta forma pues desconocía su naturaleza. En diciembre de 1895, obtuvo la primera radiografía (la mano de su esposa), que permitió una inmediata aplicación en la medicina y estimuló a otros científicos a investigar sobre el tema. En honor a su trabajo y descubrimiento, fue galardonado con el primer Premio Nobel de Física, en 1901.



**Antoine Henri Becquerel**  
(1852-1908)

Físico francés. En 1896 descubrió casualmente la radiactividad del uranio, mientras llevaba a cabo una investigación sobre la fluorescencia y los rayos X recientemente descubiertos por Roentgen. Al guardar sal de uranio en un cajón junto a placas fotográficas, Becquerel observó que las placas eran impactadas por una radiación proveniente de la sal. La conclusión fue que la sal de uranio emitía naturalmente algún tipo de radiación, a la que este físico denominó radiactividad.



**Marie Skłodowska Curie**  
(1867-1934)

Química y física polaca; se le otorgó la nacionalidad francesa. Junto a su esposo, Pierre Curie, en 1903 recibieron el Premio Nobel de Física por sus trabajos realizados en radiactividad, siendo la primera mujer en obtener este premio. Luego, en 1911, Marie ganó nuevamente el Nobel, pero esta vez en Química, por sus trabajos sobre los elementos radio y polonio. Fue postulada a la Academia Francesa de Ciencias, siendo rechazada por el hecho de ser mujer.



**Ernest Rutherford**  
(1871-1937)

Físico y químico inglés. En 1898 identificó tres tipos de radiaciones: los rayos alfa, beta y gamma. En 1911, junto con sus colaboradores llevó a cabo un experimento a fin de poner a prueba el modelo de Thomson, descubriendo así la existencia del núcleo atómico y algunas de sus cualidades. En 1919 bombardeó nitrógeno-14 gaseoso con partículas alfa, y obtuvo oxígeno-17, produciéndose de esta manera la primera reacción nuclear (transmutación) realizada por el ser humano.



**Enrico Fermi**  
(1901-1954)

Físico italiano. En 1942 logró realizar la primera reacción nuclear controlada, lo que marcó un hito en la historia de los reactores nucleares.

En 1938 recibió el Premio Nobel de Física por sus trabajos relacionados con el descubrimiento de las reacciones nucleares con neutrones y el reconocimiento de los elementos radiactivos. Luego de obtener este premio migró a los Estados Unidos, donde participó, en conjunto con los físicos Robert Oppenheimer y Niels Bohr, en el desarrollo y construcción de la bomba atómica A.



**Otto Hahn**  
(1879-1968)

Químico alemán. En 1938, bombardeando uranio con neutrones obtuvo átomos de bario radiactivo, lo que constituía una evidencia de la fisión nuclear. Este hallazgo generó gran expectación, ya que se descubrió la producción de una reacción nuclear en cadena, con intercambio energético mucho mayor que en las reacciones químicas. Su colaboradora, Lise Meitner, publicó los resultados. Una vez que la idea sobre la fisión fue aceptada, Hahn continuó sus experimentos y demostró que la fisión inducida con neutrones podía producir una enorme cantidad de energía. Gracias a sus aportes recibió el Premio Nobel de Química en 1944.

### Trabaja con la información

Lee las siguientes preguntas y coméntalas con tu curso.

1. ¿Qué opinas sobre los aportes realizados por cada uno de estos científicos?
2. Si consideramos que muchos de los avances científicos se pueden utilizar para beneficio de la humanidad o bien para su destrucción, ¿quién o quiénes crees que deben decidir sobre el uso de los nuevos avances en ciencia y tecnología?
3. ¿Por qué es importante que los científicos compartan sus descubrimientos y trabajos con los demás integrantes de la comunidad científica?
4. Averigua, en distintas fuentes, sobre las contribuciones realizadas por Frédéric Joliot-Curie e Irene Joliot-Curie, Julius Robert Oppenheimer y Albert Einstein. Construye una línea de tiempo destacando los principales hitos científicos, sociales y económicos de la época.



## EVALUACIÓN FINAL

**I** Lee las siguientes preguntas y selecciona la alternativa correcta.

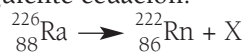
1. Para las siguientes reacciones:



el orden correcto es:

- A.** a) fisión; b) fusión, c) fusión.  
**B.** a) fusión; b) fusión; c) fusión.  
**C.** a) fisión; b) fusión; c) fisión.  
**D.** a) fisión; b) fisión; c) fisión.  
**E.** a) fusión; b) fusión; c) fisión.
2. ¿Cuál de las siguientes alternativas corresponde a uno de los efectos biológicos más peligrosos de la radiación?
- A.** Daña las membranas celulares.  
**B.** Induce crecimiento celular descontrolado.  
**C.** Destruye moléculas vitales como las enzimas.  
**D.** Consume el agua de los tejidos.  
**E.** Broncea la piel expuesta.
3. ¿Qué dispositivo se utiliza para controlar la energía que se produce en las reacciones de fisión?
- A.** Barras de control.  
**B.** Reactor nuclear.  
**C.** Contador radiactivo Geiger.  
**D.** Espectrómetro de masas.  
**E.** Tubo de descarga.

4. En 1902, Rutherford y Soddy descubrieron el fenómeno de la transmutación radiactiva según la siguiente ecuación:



¿A qué emisión corresponde X?

- A.**  ${}_2^4\text{He}$   
**B.**  ${}_1^3\text{H}$   
**C.**  ${}_0^1\text{n}$   
**D.**  ${}_{-1}^0\text{e}$   
**E.**  ${}_0^0\gamma$
5. Si al emitir radiación un átomo disminuye su número atómico en una unidad sin cambiar su número másico, ¿qué tipo de partícula se está emitiendo?
- A.** Partículas beta negativas.  
**B.** Rayos gamma.  
**C.** Partículas alfa.  
**D.** Neutrones.  
**E.** Partículas beta positivas o positrones.
6. ¿En qué se transforma un elemento radiactivo al emitir radiación beta negativa en un decaimiento radiactivo?
- A.** Ion del mismo elemento.  
**B.** Isótopo del mismo elemento.  
**C.** Elemento con menor masa atómica.  
**D.** Elemento con mayor número de neutrones.  
**E.** Elemento con menor número de protones.
7. ¿Qué modificación experimenta el núcleo de un isótopo radiactivo que decae emitiendo radiación alfa?
- A.** Aumenta su número atómico en 1 unidad.  
**B.** Aumenta su número másico en 4 unidades.  
**C.** Aumenta su número atómico en 2 unidades.  
**D.** Disminuye su número másico en 2 unidades.  
**E.** Disminuye su número atómico en 2 unidades.

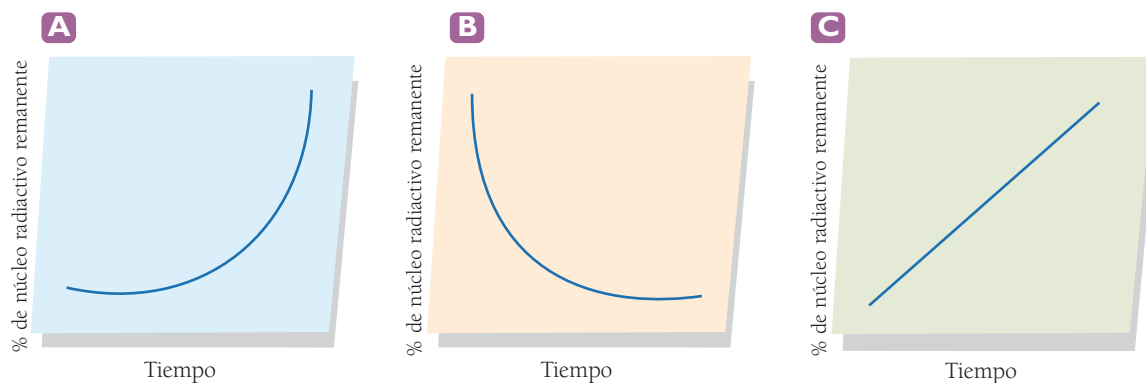


## II Observa y analiza.

- El círculo achurado representa una muestra de un elemento radiactivo. Si la vida media de este elemento es de 10 años, completa la secuencia con el número de años o coloreando la parte del círculo que corresponde.

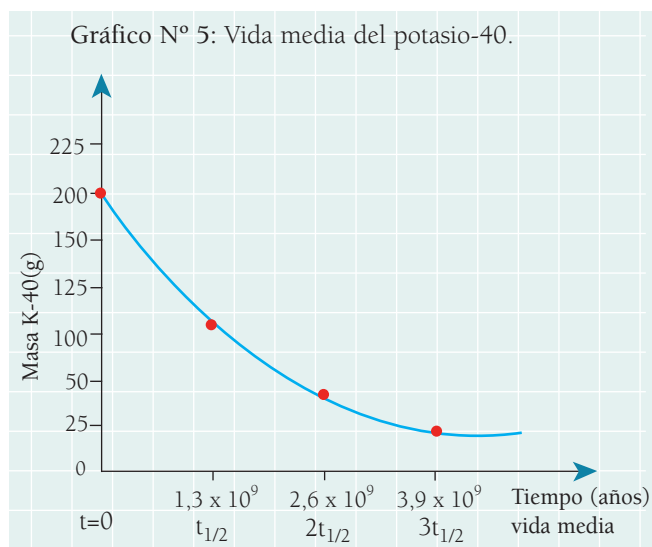


- Marca el gráfico que representa la desintegración de un elemento radiactivo. Fundamenta tu elección.



- Observa el siguiente gráfico sobre el potasio-40, utilizado para determinar la edad de una roca, y responde:

- ¿Qué masa de potasio-40 había inicialmente en la roca en estudio?
- ¿Qué masa se obtiene al haber transcurrido dos vidas medias?
- ¿Cuál es la vida media del K-40?
- ¿Qué masa de K-40 habrá después de cuatro vidas medias?



Fuente: Archivo Editorial.

## EVALUACIÓN FINAL

4. En el aire hay tres isótopos del oxígeno: el O-16, el más abundante y no radiactivo, y el O-17 y el O-18, ambos radiactivos. La fotografía muestra el calentamiento del magnesio, haciéndolo arder, mientras reacciona con el oxígeno del aire para obtener óxido de magnesio (MgO). Elige las aseveraciones que son correctas respecto de esta situación y fundamentalas.
- Los oxígenos radiactivos no reaccionan con el magnesio bajo ninguna condición.
  - Todos los isótopos del oxígeno reaccionan del mismo modo con el magnesio.
  - La muestra de óxido formado debería contener una pequeña cantidad de óxido radiactivo.
  - De haber óxido radiactivo podría detectarse con un instrumento para medir emisiones radiactivas.



## III Lee y aplica.

- Gran parte del gas radón se inhala y se exhala rápidamente, como cualquier otro gas. Pero el radón tiene una vida media corta ( $\text{Rn-222} = 4$  días) y se transforma en el isótopo radiactivo polonio-218 y este, a su vez, en plomo-214, ambas desintegraciones por emisión de radiación alfa.
  - Escribe las ecuaciones nucleares en cada caso.
  - Si inicialmente se dispone de 45 g de radón-222, ¿cuánto quedará al cabo de 24 días?
  - ¿Qué núcleo estable se formará si el Rn-222 emite radiaciones sucesivas de:  $\alpha$ ,  $\alpha$ ,  $\beta^-$ ,  $\beta^-$  y  $\alpha$ ?
- Un grupo de arqueólogos encontró restos de un asentamiento indígena en la zona central de Chile. Si se hallaran restos de fibras vegetales en los tejidos de las ropas ceremoniales, ¿sería útil el fechado con C-14 en este caso?, ¿por qué?
- En 1965, un laboratorio de química tenía una muestra de estroncio-90, cuya actividad radiactiva, en ese año, era de 104 decaimientos por segundo. ¿Qué actividad tendría el estroncio-90 en 2010, si su vida media es de 28,8 años?

## Lo que ahora sé

Te invitamos a que vuelvas a contestar en tu cuaderno las preguntas de la sección *Lo que sé*, de la página 90. Luego, compara tus respuestas iniciales con las señaladas en esta instancia. Además, responde las preguntas que planteaste en la sección *Lo que me gustaría saber* (página 93).

- ¿Qué contenidos de la Unidad te resultaron más complejos de aprender?, ¿a qué crees que se debió eso?
- ¿Piensas que es importante conocer las ventajas de la energía nuclear?, ¿qué sucedería si solo conocieras las desventajas?



## Proyecto científico

### Radioterapia: beneficios, riesgos y efectos secundarios

#### Antecedentes

Normalmente, las células de nuestro organismo crecen y mueren de manera controlada. Sin embargo, las células cancerosas se reproducen y proliferan sin control. La radioterapia es un tratamiento que se aplica con el propósito de detener la división de estas células “anormales”. El tratamiento consiste en dirigir la radiación hacia la zona en que se localizan las células cancerígenas. Es importante considerar que las células normales cercanas al tumor también son dañadas por efectos de la radiación; no obstante, estas células se pueden recuperar luego de concluir el tratamiento, reduciendo gradualmente gran parte de los efectos secundarios. En la actualidad se emplean equipos que utilizan el Co-60 y el Cs-137 como radioisótopos.



En el tratamiento del cáncer se utilizan generadores de radiaciones ionizantes. Estas máquinas son capaces de dirigir bajas dosis de radiación, destruyendo así las células anómalas.

#### 1. Objetivo

Evaluar las aplicaciones de la radiactividad en el tratamiento de algunas enfermedades.

#### 2. Planificación

Organícense en grupos de trabajo, idealmente de cuatro personas.

- Definan las etapas involucradas en el desarrollo del proyecto y asignen las tareas de cada uno de los integrantes.
- Averigüen, en diversas fuentes, sobre los beneficios, riesgos y efectos secundarios de la utilización de radioisótopos en el tratamiento de determinadas enfermedades.
- Con el objetivo de optimizar la información recopilada, se sugiere elaborar un set de preguntas, a modo de entrevista, para aplicarla a médicos, personas que hayan sido tratadas con radiofármacos isótopos y otras que trabajen en instituciones ligadas a este tema, como la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CChEN), por ejemplo.

#### 3. Ejecución

Una vez planificadas y definidas las etapas del proyecto, pónganlo en acción. Es importante que cada integrante cumpla su rol de una manera rigurosa y con la suficiente seriedad.

#### 4. Evaluación y análisis

Presentan los resultados de la investigación al resto del curso. Pueden utilizar distintos recursos para ello: tablas, gráficos, presentación PowerPoint, esquemas, imágenes, entre otros.

#### 5. Proyección

Propongan otros proyectos que podrían elaborarse a partir de los resultados obtenidos en esta actividad.



## Unidad

## 4

# Extracción y procesamiento de materias primas

Desde el inicio de la cultura humana se han utilizado y manipulado diversos materiales presentes en la naturaleza para transformarlos y usarlos de acuerdo con las necesidades. En un principio se trabajó la piedra para construir armas y herramientas. Luego se descubrió la técnica para extraer los metales, fundirlos y moldearlos. Más recientemente, el ser humano comenzó a imitar los materiales naturales para crear otros completamente nuevos, dando origen a los materiales sintéticos.

Mediante actividades productivas como la minería, se extraen y procesan los minerales. Esta actividad ha sido uno de los pilares fundamentales de la economía nacional, contribuyendo con los mayores recursos para el desarrollo de nuestro país.



## Lo que sé

Lee y comenta las siguientes preguntas con tus compañeros y compañeras.

1. ¿En qué capas de la Tierra se encuentran las principales fuentes de obtención de materias primas para el ser humano?
2. ¿Cuáles son las materias primas más importantes que se procesan en Chile?, ¿qué materias primas se extraen en tu localidad y qué productos se obtienen?
3. ¿Qué conoces acerca de las aplicaciones comerciales que se les han dado a minerales como el cobre, el salitre y la plata en nuestro país y en el exterior?
4. ¿Por qué crees que la riqueza mineral es de gran importancia para nuestro país? Explica.

## Lo que aprenderé

Reconocer las principales materias primas y su fuente de obtención.

Describir los procesos de obtención de metales y no metales de uso común.

Mostrar dominio sobre los procesos y reacciones químicas involucradas en la fabricación de materiales inorgánicos de uso masivo: vidrio, cemento y cerámica.

Comprender y analizar aspectos básicos estequiométricos, termodinámicos y cinéticos de los procesos descritos.

Extracción y procesamiento de materias primas

### Tema 1

Los minerales como materia prima

- Los minerales y sus características
- Minerales metálicos y no metálicos
- Etapas del proceso productivo

### Tema 2

Recursos minerales metálicos

- Metalurgia
- El cobre y sus procesos químicos
- El hierro
- Otros metales

### Tema 3

Recursos minerales no metálicos

- Litio
- Azufre
- Salitre
- Yodo

### Tema 4

Cerámica, vidrio y cemento

- Cerámica
- Vidrio
- Cemento

## Conversemos

Lee la siguiente información y, luego, comenta las preguntas con tus compañeros y compañeras.

Entre 1938 y 1990, en la ciudad de Chañaral se vaciaron más de 300 millones de toneladas de desechos mineros en el medio terrestre y marino, lo que equivale a la descarga de un camión de 10 toneladas de arena cada 25 segundos, por un tiempo de 23,8 años.

Los relaves procedían inicialmente del mineral Potrerillos, y luego del mineral Salvador. Esto trajo como consecuencia que el mar se retirara aproximadamente dos kilómetros al interior de la ribera, ocasionando la desaparición del puerto más antiguo de nuestro país, que se caracterizaba por su gran diversidad marina y que permitía a sus pobladores vivir de la pesca. Esta situación, como muchas otras más, ha obligado a las autoridades a hacer una rigurosa fiscalización para que se cumplan las normas ambientales por las distintas industrias.



Fuente: [www.accionchilena.cl/Ecofilosofia/Contaminacion\\_Chanaral.htm](http://www.accionchilena.cl/Ecofilosofia/Contaminacion_Chanaral.htm)

1. ¿De qué manera crees que se hubiera podido evitar el problema ambiental en Chañaral?
2. ¿Qué medidas propondrías para evitar que situaciones como estas se vuelvan a repetir?
3. ¿Qué otro caso similar conoces de contaminación ambiental producto de la extracción y procesamiento de minerales? Comenta.
4. ¿Cuáles son los organismos responsables de fiscalizar a las mineras y qué facultades tienen? Averigua.



## EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA

## I Lee las siguientes preguntas y selecciona la alternativa correcta.

1. ¿Cuál de las siguientes acciones deben realizar obligatoriamente las industrias para proteger y conservar el recurso natural agua?
  - A. Reciclar el agua usada.
  - B. Reducir el volumen utilizado.
  - C. Depurar el agua contaminada.
  - D. Rediseñar etapas del proceso productivo.
  - E. No emplear agua en el proceso productivo.
  
2. De los ocho elementos que conforman el 98% de la corteza terrestre, ¿cuál es el más abundante?
  - A. Silicio.
  - B. Hierro.
  - C. Cobre.
  - D. Aluminio.
  - E. Oxígeno.
  
3. ¿Cuál de los siguientes ejemplos corresponde a un mineral metálico?
  - A. Yeso.
  - B. Yodo.
  - C. Salitre.
  - D. Cemento.
  - E. Molibdeno.
  
4. ¿Qué se consigue con la operación llamada **flotación** en la metalurgia del cobre?
  - A. Refinar el mineral de cobre.
  - B. Moldear el mineral de cobre.
  - C. Disolver el mineral de cobre.
  - D. Pulverizar el mineral de cobre.
  - E. Concentrar el mineral de cobre.
  
5. ¿De qué origen puede ser la materia prima?
  - A. Animal, vegetal y mineral.
  - B. Vegetal, mineral y natural.
  - C. Animal, natural y mineral.
  - D. Natural, artificial y animal.
  - E. Artificial, natural y mineral.
  
6. ¿Cuál de las siguientes relaciones materia prima-producto obtenido es **incorrecta**?
  - A. Petróleo-plástico.
  - B. Carbonatos y silicatos-vidrio.
  - C. Celulosa-papel.
  - D. Madera-cemento.
  - E. Mineral de cobre-alambre eléctrico.

## II Lee y analiza las siguientes preguntas.

1. Las observaciones realizadas a tres rocas, recolectadas en la ribera de un río, son:

Roca 1: puede rayar la superficie de las otras dos rocas.

Roca 2: puede ser rayada solo con un cuchillo.

Roca 3: al pasarle la uña se rayó fácilmente.

- a. De acuerdo con la escala de Möhs que aprendiste en Primer Año Medio, ¿cuál(es) de las siguientes conclusiones es (son) correcta(s)?
  - I. La roca 1 es dura.
  - II. La roca 2 es muy dura.
  - III. La roca 3 es la más blanda.
- b. ¿Qué otros aspectos deberías considerar al momento de asignarles un uso a estas rocas?



2. Las aplicaciones del ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) son múltiples; entre otras, se utiliza para fabricar fármacos, plásticos, fibras sintéticas y fertilizantes. Gran parte del ácido sulfúrico que se produce en Chile procede de la minería, a partir de los gases emanados por las fundiciones de cobre como los óxidos de azufre ( $\text{SO}_2$  y  $\text{SO}_3$ ), favoreciendo la reacción entre el trióxido de azufre y el agua; generando como producto  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Tabla N° 1: Emisión de dióxido de azufre en las fundiciones de cobre.

Fundición	Ubicación geográfica	Emisión de $\text{SO}_2$ total anual. Año 2009 (miles de toneladas)
Chuquicamata	Segunda Región de Antofagasta	90,61
Potrerillos	Tercera Región de Atacama	99,73
Ventanas	Quinta Región de Valparaíso	10,16 (como S)
Caletones	Sexta Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	141,10

Fuente: [www.codelco.cl/desarrollo/fr\\_desarrollo.html](http://www.codelco.cl/desarrollo/fr_desarrollo.html)

- a. Construye un gráfico de barras que muestre la producción de ácido sulfúrico por fundición.
- b. ¿Por qué el ácido sulfúrico es indicado como un producto industrial intermedio?
- c. ¿Por qué la producción de ácido sulfúrico podría considerarse una tecnología ecológica de la industria minera?
3. Un estudiante consiguió formar cristales de sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ) en el laboratorio por medio del siguiente montaje experimental:
- a. ¿Cómo crees que se preparó la solución de sulfato de cobre: concentrada o diluida?, ¿por qué?
- b. ¿Por qué se originan cristales de sulfato de cobre en torno al hilo? Explica.



### Lo que me gustaría saber

A partir de la sección *Lo que aprenderé*, de la página 147, y de tus conocimientos e inquietudes, te invitamos a escribir en tu cuaderno cuatro o cinco preguntas cuya respuesta te gustaría encontrar en esta Unidad. Por ejemplo:

1. ¿Cuáles son las etapas que intervienen en la elaboración de algunos productos?
2. ¿Qué aplicaciones comerciales se le da al cobre en nuestro país?
3. ¿De qué se trata el estudio de impacto ambiental que debe hacer una industria para instalarse y operar?

# Tema 1

## Los minerales como materia prima

### Actividad exploratoria

### Obtención de un metal a partir de un mineral

#### A. Antecedentes

Generalmente, los metales en estado nativo forman parte de un mineral secundario. Los minerales más comunes son los óxidos. Para obtener un metal oxidado es necesario recurrir a reacciones de óxido reducción, con el fin de reducir dicho metal a su estado elemental.

#### B. Diseño experimental

Reúnanse en parejas y consigan los materiales para realizar el procedimiento que se describe a continuación.

##### Materiales:

- tubo de ensayo
- vaso de precipitado
- soporte universal
- mechero
- tapón monohoradado
- manguera plástica
- pinzas metálicas
- papel
- 1 g de óxido de cobre (II) ( $\text{CuO}$ )
- agua de cal ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )
- 1 g de carbón vegetal en polvo (C)

##### Procedimiento:

1. Mezclen los sólidos ( $\text{CuO}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y C) sobre un papel.
2. Coloquen la mezcla en un tubo de ensayo resistente al calor y tápenlo con un tapón que tenga un orificio al centro (monohoradado).
3. Inserten en el tapón la manguera plástica, de modo que un extremo quede en el tubo que tiene la mezcla y el otro, en contacto con el agua de cal, tal como se muestra en la fotografía.
4. Calienten la mezcla hasta que observen cambios, tanto en el tubo con la mezcla como en el vaso con agua de cal. Registren lo que observan en ambos casos.
5. Continúen calentando el tubo entre 15 y 20 minutos. Anoten sus observaciones.



#### C. Análisis y conclusiones

Lean y respondan en sus cuadernos.

- a. Describan la reacción observada y expliquen lo que ocurrió.
- b. Anoten la ecuación de formación del metal.
- c. Escriban la ecuación que representa la reacción que ocurre en el agua de cal.
- d. Expliquen por qué es posible afirmar que la reacción entre el carbono y el óxido de cobre permite la reducción del cobre.

## 1. Los minerales y sus características

Los **minerales** son sustancias en estado sólido conformadas por elementos o compuestos químicos, que se han originado a través de un proceso natural. Como pudiste analizar en la *Actividad exploratoria*, la mayoría de los metales, por ejemplo el cobre, está en la naturaleza, formando compuestos (sulfuros y óxidos) y no en estado libre.

Los minerales se encuentran en depósitos o yacimientos, que aparecen en las rocas como fisuras o rellenos de grietas. Según el origen, se pueden clasificar en: **minerales primarios**, que corresponden a depósitos originales, como el oro; **minerales secundarios**, que se han formado a partir de reacciones químicas que sufren los **minerales primarios**, como la anglesita ( $\text{PbSO}_4$ ).

De acuerdo a como se organizan los átomos, iones y moléculas que conforman los sólidos, encontramos en la naturaleza sólidos **crystalinos** y **amorfos**. Los primeros tienen partículas agrupadas en forma ordenada y regular, como el cuarzo; en los segundos, en cambio, las partículas no están ordenadas de manera regular, como en el caso de las piedras volcánicas.



Algunos de los minerales más comunes son: la mica, el feldespato y el cuarzo, los que forman parte de la familia de los silicatos

### Actividad 1

### Experimentar y concluir

1. Reúnanse en parejas y realicen la siguiente actividad que les permitirá comprobar algunas propiedades físicas y químicas de los minerales. Para ello recolecten diferentes piedras o trozos de roca en el lugar donde viven y consigan los siguientes materiales: lupa, martillo, cincel y gafas protectoras.
  - a. Observen a simple vista las muestras de roca y tomen nota de lo que ven.
  - b. Repitan la observación utilizando una lupa. Registren nuevamente.
  - c. Hagan un corte a las rocas y miren su parte externa e interna. Usen un martillo y un cincel si es necesario. **Precaución:** utilicen gafas protectoras para cuidar sus rostros y ojos de posibles trocitos de roca que puedan dañarlos. Registren sus observaciones.
    - Clasifiquen las rocas según el color, la forma y la textura.
    - ¿Qué diferencia hay entre una roca y un mineral? Expliquen.
2. Las pruebas más importantes para comprobar las propiedades químicas de los minerales son:
  - a. Observar si el mineral es soluble en agua. Los haluros son solubles en agua.
  - b. Ver si el mineral produce efervescencia en ácido clorhídrico. Los carbonatos reaccionan en  $\text{HCl}$ , produciendo efervescencia.
  - c. Someter el mineral a la acción de la llama y ver si se colorea y en qué colores.
  - d. Observar si al calentar el mineral, este pierde agua.
  - e. Examinar si al calentar el mineral se funde y desprende vapores. Describir el olor de los vapores.
    - Diseñen un procedimiento experimental que les permita comprobar dos de las propiedades químicas mencionadas. Empleen las mismas muestras de rocas utilizadas en el punto 1. Una vez realizado el diseño experimental, formulen tres conclusiones sobre las propiedades de sus muestras.

## 2. Minerales metálicos y no metálicos

Según las propiedades y usos de las sustancias que se extraen de los minerales, se han clasificado en minerales **metálicos** y **no metálicos**.

Los **minerales metálicos** son aquellos que presentan en su composición átomos de elementos con carácter metálico, tales como: hierro, cobre, plata y oro. Entre las propiedades más importantes de estos metales destacan la maleabilidad, que es la posibilidad de transformación en láminas; la ductilidad, facilidad de transformación en alambres de diferentes grosores, y la conductividad o capacidad para conducir electricidad y calor. Algunos de estos minerales que exporta Chile son: cobre, molibdeno, hierro, oro, plata y manganeso.

Los **minerales no metálicos** son aquellos de los que se extraen materiales utilizados con frecuencia en la construcción y en la agricultura. Entre los que se explotan en Chile destacan los nitratos, el azufre, el yeso, y el cuarzo y, la sal común.

### Actividad 2

#### Seleccionar información

1. Averigua en el Atlas de Chile Geográfico Militar, o en otras fuentes de información, sobre los principales minerales que se obtienen en las diferentes regiones de nuestro país y completa una tabla como la siguiente.

Región	Metálicos	No metálicos

Región	Metálicos	No metálicos

2. Lee y responde las siguientes preguntas.
  - a. ¿Por qué la plata y el oro se pueden encontrar en la naturaleza en estado nativo, como metales, y esto no ocurre, por ejemplo, con el litio, el sodio y el hierro?
  - b. ¿Qué relación crees que existe entre la metalurgia de los minerales y su costo de producción? Explica.

Al igual que las demás sustancias, los minerales, tal como estudiaste en Primer Año Medio, presentan propiedades físicas y químicas, que condicionan los usos que tienen. Por ejemplo, el cuarzo es un silicato que por sus propiedades eléctricas es muy utilizado en electrónica (calculadora de bolsillo). Tanto los materiales metálicos como los no metálicos se obtienen a través de procesos productivos.

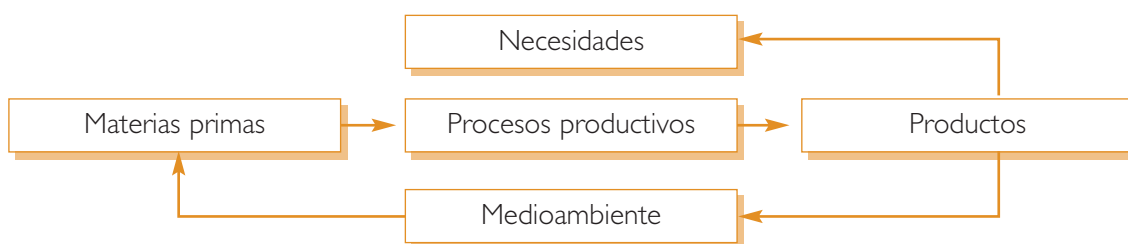
### 3. Etapas del proceso productivo de las materias primas

La industria química agrupa un conjunto de actividades que se caracterizan por transformar compuestos químicos básicos en productos de gran demanda. Como en cualquier industria, el propósito de la industria química es fabricar productos de buena calidad con el menor costo posible. A esto se suma el requerimiento actual de ocasionar el menor daño al medioambiente.

#### Actividad 3

#### Interpretar

Analiza el esquema relacionado con el proceso industrial y responde en tu cuaderno.



1. ¿De dónde provienen las materias primas?
2. ¿Cuál es el objetivo de obtener productos industriales?
3. ¿Qué relación hay entre el proceso industrial y el medioambiente?

#### Procesos productivos

Para obtener productos químicos a partir de las materias primas, las industrias realizan procesos físicos y químicos en la transformación. Sus etapas son:

1. **Tratamientos físicos iniciales.** Las materias primas que van a reaccionar se preparan y acondicionan para el proceso químico de transformación a través de procedimientos como la trituración, la molienda, el calentamiento y la mezcla.
2. **Tratamientos químicos.** Las materias primas ya procesadas se someten a una serie de reacciones químicas que generalmente tienen lugar en un reactor y que las transforman en productos. Estas reacciones van desde simples procesos térmicos, como la calcinación de minerales, hasta reacciones orgánicas de polimerización.
3. **Tratamientos físicos finales.** Concluida la etapa anterior, se realiza la purificación y separación de los productos obtenidos. Las técnicas más empleadas son: destilación, extracción, cristalización, sedimentación y filtración.

#### Productos químicos

Los productos químicos industriales producidos se clasifican en tres categorías:

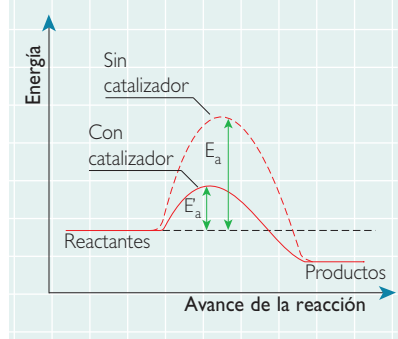
1. **Productos químicos básicos.** Se obtienen en grandes cantidades a partir de materias primas básicas y a través de procedimientos sencillos. Estas sustancias constituyen la base para obtener los restantes productos químicos. Por ejemplo: la celulosa y la seda.
2. **Productos químicos intermedios.** Se consiguen mediante la transformación de los productos químicos básicos y normalmente no son utilizables directamente por el consumidor, sino que se emplean en la elaboración de los productos finales. Por ejemplo: cloruro de vinilo, butadieno, ácido fosfórico y fenol.
3. **Productos químicos finales.** Poseen las características físicas y químicas apropiadas para el consumo directo. Por ejemplo: fármacos, detergentes y cosméticos.

## DESARROLLO DE CONTENIDOS



En la naturaleza, las erupciones volcánicas constituyen un ejemplo de procesos espontáneos.

**Gráfico N° 1:** Influencia de un catalizador en la energía de activación.



### 3.1. Factores que influyen en la obtención de un producto

El método que se debe emplear para conseguir un producto a nivel industrial debe considerar el rendimiento de las reacciones, su viabilidad y el aspecto económico. Esto hace necesario analizar los factores **estequiométricos**, **termodinámicos** y **cinéticos** (estudiados en años anteriores), que influyen en el proceso industrial.

**A. Factor estequiométrico.** Según el principio de Le Châtelier, existen factores que modifican un sistema en equilibrio, desplazándolo en la dirección que contrarreste el cambio. Estos factores son: la concentración, la presión y la temperatura.

- Si en una reacción en equilibrio se aumenta la concentración de alguno de los reactantes, se verá favorecida la formación de productos. Al haber más reactante, se incrementa la velocidad de la reacción, formándose una mayor cantidad de producto hasta alcanzar un nuevo estado de equilibrio.
- Si en una reacción en equilibrio se aumenta la temperatura, el sistema se opondrá al cambio, desplazándose en el sentido que absorba calor (reacción endotérmica). Por el contrario, al disminuir la temperatura, se favorece el proceso que genera calor (reacción exotérmica).
- Si en una reacción en equilibrio se aumenta la presión, se verá favorecida la reacción que implique una disminución en la formación de especies gaseosas; por el contrario, una disminución de la presión favorecerá un incremento en la formación de especies gaseosas.

**B. Factor termodinámico.** Indica la posibilidad de que se lleve a cabo una reacción, es decir, analiza la viabilidad de las reacciones químicas involucradas en la elaboración de un producto industrial. Uno de los parámetros termodinámicos es la energía libre ( $G$ ), que nos indica si la reacción es factible o no de ocurrir.

Si  $G < 0$ , el proceso es espontáneo; la reacción ocurrirá.

Si  $G = 0$ , el sistema está en equilibrio; no existe cambio neto.

Si  $G > 0$ , el proceso no es espontáneo; la reacción no ocurrirá.

Si bien la energía libre predice la espontaneidad de una reacción, no nos informa cuanto tiempo se requiere para dicha transformación ni si la transformación libera o requiere energía térmica. Lo segundo se obtiene al estudiar otro de los parámetros termodinámicos: la **entalpía ( $H$ )**, que es la medida del contenido calórico de una reacción.

Si  $H > 0$ , la reacción es endotérmica; por lo tanto, es necesario proporcionar calor para que se produzca la transformación. Si  $H < 0$ , la reacción es exotérmica, y durante la transformación se libera calor.

**C. Factor cinético.** Da cuenta de la velocidad con que transcurre la reacción. Es importante destacar que el 70% de las reacciones empleadas en la industria química utiliza en alguna de sus etapas un **catalizador**. Se ha comprobado experimentalmente que la velocidad de un gran número de reacciones se ve favorecida por la presencia de un catalizador (ver gráfico), sustancia que, aun en cantidades muy pequeñas, tiene la propiedad de acelerar una reacción, permaneciendo inalterada cuando esta finaliza.



## EJEMPLO RESUELTO 1

### Cálculos estequiométricos

La calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ) es un mineral que se emplea como materia prima en la obtención de cobre en Chile. La siguiente ecuación, no balanceada, describe el proceso de combustión de la calcopirita:



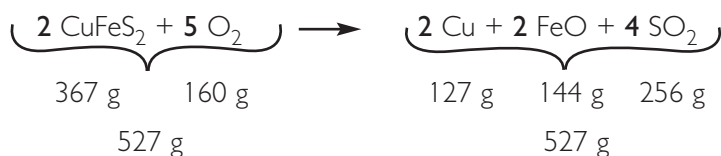
Masas atómicas: **Cu** =  $63,5 \text{ g mol}^{-1}$ ; **Fe** =  $56 \text{ g mol}^{-1}$ ; **O** =  $16 \text{ g mol}^{-1}$ ; **S** =  $32 \text{ g mol}^{-1}$ )

Si por cada 1000 g de calcopirita que se procesa se obtienen 320 g de cobre metálico, ¿cuál es el rendimiento de la reacción del proceso industrial?

1. Se debe balancear la ecuación.



2. Indicar la relación estequiométrica de la reacción.



3. Calcular el rendimiento teórico.

$$\frac{x \text{ g Cu}}{1000 \text{ g CuFeS}_2} = \frac{127 \text{ g de Cu}}{367 \text{ g CuFeS}_2} \quad \boxed{x = 346 \text{ g Cu}}$$

4. Calcular el rendimiento de la reacción.

$$\text{Rendimiento de la reacción (\%)} = \frac{\text{rendimiento real} \times 100}{\text{rendimiento teórico}}$$

$$\text{Rendimiento de la reacción (\%)} = \frac{320 \text{ g Cu} \times 100}{346 \text{ g Cu}} \quad \boxed{x = 92,5\%}$$

5. Resultados.

El rendimiento de la reacción es 92,5%.



Calcopirita



Lámina de cobre

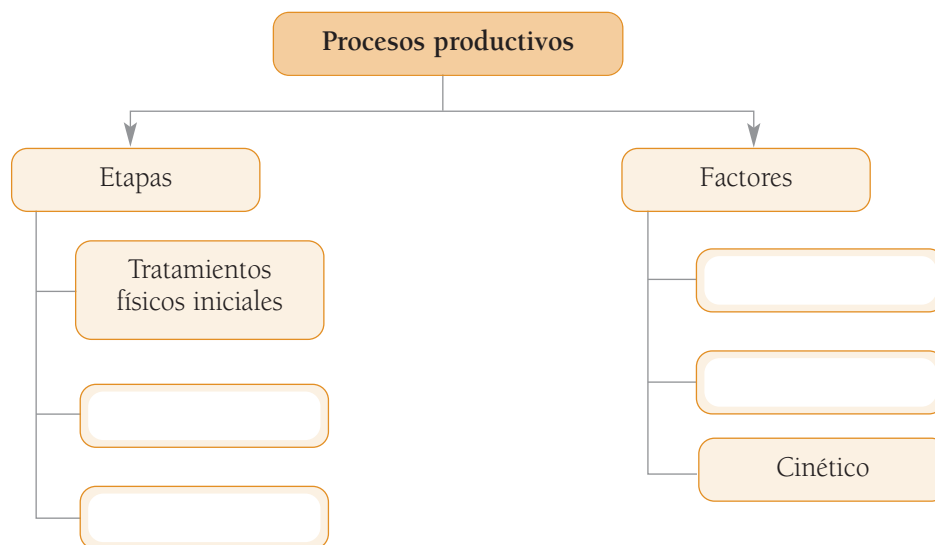
#### PARA TRABAJAR

- El cinc metálico se obtiene según la siguiente reacción:  $\text{ZnO}_{(s)} + \text{C}_{(s)} \longrightarrow \text{Zn}_{(s)} + \text{CO}_{(g)}$ . Si en una industria se procesan  $4,23 \times 10^4 \text{ kg}$  de  $\text{ZnO}$ , ¿cuál será el rendimiento si en la práctica se obtienen  $3,0 \times 10^4 \text{ kg}$  de  $\text{Zn}$ ?

## SÍNTESIS - EVALUACIÓN DE PROCESO

## Síntesis del Tema 1

Lee y completa el siguiente esquema que resume los principales conceptos tratados en el Tema 1.



## Evaluación de proceso

**I** Lee y selecciona la alternativa correcta (2 puntos cada una).

- En todo el proceso productivo, las materias primas pasan por diversos tratamientos. ¿Cuál es el orden correcto de estas etapas?
  - Químicos iniciales y físicos iniciales.
  - Químicos iniciales, físicos y químicos finales.
  - Químicos iniciales, químicos y físicos finales.
  - De purificación y químicos finales.
  - Físico-químicos y de purificación.
- ¿Cuál de las siguientes etapas es propia de los tratamientos físicos iniciales que se realizan en el proceso productivo de la industria?
  - Molienda.
  - Filtración.
  - Destilación.
  - Cristalización.
  - Sedimentación.
- Con respecto a los metales extraídos de los minerales metálicos, es correcto señalar que:
  - la caliza, el azufre y los nitratos son ejemplos de minerales metálicos.
  - de estos minerales se extraen principalmente materiales para la agricultura.
  - los metales obtenidos de estos minerales tienen la propiedad de conducir electricidad y calor.
  - representan más del 90% de las exportaciones mineras.
  - Solo I
  - Solo II
  - Solo I y III
  - Solo II y IV
  - Solo III y IV

4. La reacción química empleada para la obtención del óxido de cobre (I), presenta una entalpía de formación ( $\Delta H_f^\circ$ ) igual a  $-170 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Según este dato, se puede deducir que la reacción anterior es:
- espontánea.
  - endotérmica.
  - no espontánea.
  - exotérmica.
  - no existe suficiente información.
5. De acuerdo con los datos de entalpía, entropía y temperatura de diferentes reacciones, ¿cuál **no** es espontánea?

	$H^\circ$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	$S^\circ$ (J K <sup>-1</sup> )	$T^\circ$ (K)
A.	178,1	-160,5	298
B.	394	$2,9 \times 10^{-3}$	298
C.	-55,1	-0,101	300
D.	-11,05	$23,7 \times 10^{-3}$	466
E.	-104	$70 \times 10^{-3}$	280

## II Lee y responde las siguientes preguntas.

1. El hierro se sintetiza según:  $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)} + 3\text{C}_{(s)} \longrightarrow 2\text{Fe}_{(s)} + 3\text{CO}_{(g)}$ . De acuerdo con la tabla de datos, ¿a qué temperatura la reacción es espontánea, a 500 o 1200 K? (2 puntos).

Sustancia	$\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$	$\text{C}_{(s)}$	$\text{Fe}_{(s)}$	$\text{CO}_{(g)}$
$H_f^\circ$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	-822,2	0	0	-110,5
$S^\circ$ (J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	90,0	2,4	27,2	197,6

2. El cobre blíster se obtiene fundiendo el mineral de cobre y aplicándole aire para oxidar las impurezas, conforme a la siguiente ecuación no balanceada:



- Equilibra la ecuación.
- Haz una relación estequiométrica entre reactantes y productos.
- Si por cada 1500 g de mineral de cobre que se procesa se obtienen 415 g de metal, ¿cuál es el rendimiento de la reacción? (2 puntos cada una).

## Me evalúo

Completa la tabla. Para estimar tu puntaje, sigue las indicaciones que te señalará tu profesor o profesora.

Debería	Ítem (preguntas)	Puntaje		¿Qué debo hacer?
		Total	Obtenido	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar algunas características de las etapas del proceso productivo.</li> </ul>	I (1, 2, 3 y 4)	8		Según los puntajes obtenidos, realiza las actividades que te indicará tu profesor o profesora.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconocer los factores estequiométricos, termodinámicos y cinéticos que influyen en los procesos industriales.</li> </ul>	I (5) II (1 y 2)	10		

# Tema 2

## Recursos minerales metálicos

### Actividad exploratoria

### Electrólisis del sulfato de cobre

#### A. Antecedentes

En la naturaleza, el cobre suele encontrarse combinado con oxígeno o azufre. Algunos procesos utilizados en la producción de cobre son: lixiviación, extracción y refinación electrolítica. Este último proceso consiste en someter la disolución de sulfato de cobre a una electrólisis, obteniendo en el proceso un cátodo que contiene cobre de 99,99% de pureza.

#### B. Diseño experimental

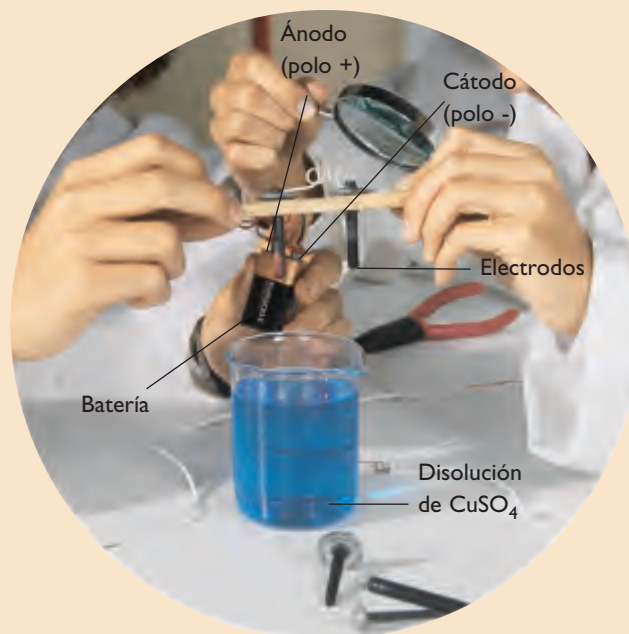
Reunidos en parejas, consigan los materiales requeridos y sigan el procedimiento descrito.

##### Materiales:

Vaso de precipitado de 250 mL, electrodos de carbón (cilindro central de las pilas en desuso), lupa, alambre de cobre (cubierto de plástico), disolución concentrada de sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ), batería de 9 volts y una lámina de cartón de 10 x 10 cm.

##### Procedimiento:

1. Viertan la disolución de  $\text{CuSO}_4$  en el vaso de precipitado hasta las tres cuartas partes de su capacidad.
2. Corten el alambre de cobre en dos trozos de 15 cm cada uno. Luego, pelen las puntas de cada alambre y conéctenlas a los terminales de la batería.
3. Fijen los electrodos al centro del cartón con una separación entre ellos de 5 cm y luego, unan los extremos libres de los alambres a cada electrodo, tal como muestra la fotografía superior derecha.



4. Sumerjan los electrodos en la disolución de sulfato de cobre dejando que el cartón se apoye sobre el vaso. Mantengan el montaje de este modo por cinco minutos.
5. Retiren los electrodos y, usando la lupa, observen si han ocurrido cambios. Regístrenlos.

#### C. Análisis y conclusiones

- a. ¿Qué sustancia se produjo en el experimento?
- b. ¿Podrían considerar al sulfato de cobre un mineral?, ¿por qué?
- c. ¿Cómo explicarían el cambio ocurrido en el electrodo?
- d. ¿Qué función cumple la batería en esta reacción química?

## 1. Procesos metalúrgicos

Chile cuenta con una gran variedad de recursos naturales debido a la diversidad climática y a las características de su relieve. Uno de los recursos más importantes para Chile son los minerales, por lo que resulta indispensable conocer su distribución y contenido estimado. Los minerales se encuentran presentes en toda la corteza terrestre y disueltos en los mares y océanos; sin embargo, se concentran en sectores asociados a la formación de cordilleras jóvenes. Por esta razón, la corteza chilena contiene miles de minerales, metálicos y no metálicos, varios de los cuales constituyen las principales reservas del mundo.

La **metalurgia** corresponde al conjunto de procesos físicos y químicos destinados a extraer un elemento químico de un mineral. Existen diferentes procesos metalúrgicos (pirometalurgia, hidrometalurgia y electrometalurgia), pero todos tienen las mismas etapas; estas son:

1. **Exploración y extracción del mineral.** Consiste en determinar con precisión la extensión y forma del yacimiento y la calidad del mineral encontrado.
2. **Tratamiento físico.** La finalidad es separar el metal (**mena**) del mineral sin valor económico (**ganga**). Además, aumentar la superficie de contacto. Estos tratamientos suelen ser: chancado, molienda, tamizado y flotación (proceso físico-químico).
3. **Tratamientos químicos.** El propósito de esta etapa es "romper" las interacciones intermoleculares formadas por los metales, a modo de obtener los minerales en su estado más puro. Existen dos tipos:
  - a. **Tratamientos por vía seca:** fusión, conversión, reducción, tostación y calcinación.
  - b. **Tratamientos por vía húmeda:** precipitación, lixiviación y biolixiviación bacteriana.
4. **Refinación.** Última etapa de la metalurgia que consiste en purificar el mineral extraído. Puede llevarse a cabo por tratamientos vía calor o vía eléctrica, como pudiste comprobar en la *Actividad exploratoria* de la página anterior.

El contenido de metal de la mena se llama **ley del mineral** (comúnmente solo ley); se expresa en porcentaje y su valor se determina utilizando una proporción. Analicemos el siguiente ejemplo: a partir de 80 toneladas de un mineral se logran 1,9 toneladas de cobre y 0,11 toneladas de molibdeno. ¿Cuál es la ley del mineral para el cobre y el molibdeno?

### Conceptos clave

**mena:** parte del mineral que reúne las condiciones adecuadas para extraer algún metal.

**ganga:** parte del mineral que carece de valor comercial.

Remplazamos los datos en las expresiones:

• Para el cobre:  $\frac{100\%}{80 \text{ ton}} = \frac{X}{1,9 \text{ ton}}$      $X = 2,38\%$ .

• Para el molibdeno:  $\frac{100\%}{80 \text{ ton}} = \frac{X}{0,11 \text{ ton}}$      $X = 0,14\%$ .

## 2. El cobre

### Actividad 4

### Experimental

Formen grupos de tres o cuatro integrantes y consigan los siguientes materiales: solución de ácido nítrico, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico concentrado, solución de cloruro de sodio, lámina de cobre, gradilla con cinco tubos de ensayo, mechero, pinzas de madera, cotona y guantes de látex. Luego, realicen el siguiente procedimiento:

1. Tomen con la pinza de madera un trozo de lámina de cobre y expónganlo con mucho cuidado a la llama del mechero. Observen y registren los cambios.
2. Rotulen los cinco tubos de ensayo y agreguen: tubo 1: ácido nítrico; tubo 2: ácido sulfúrico; tubo 3: ácido clorhídrico; tubo 4: cloruro de sodio; tubo 5: agua. Coloquen en cada tubo un trozo de lámina de cobre. Anoten lo que sucede.
3. A partir de sus observaciones y de los conocimientos adquiridos en años anteriores señalen las ecuaciones que representan las reacciones químicas originadas en los puntos 1 y 2.

#### Ficha técnica: cobre (Cu)

Número atómico	29
Masa atómica (g mol <sup>-1</sup> )	63,546
Configuración electrónica	[Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup>
Punto de fusión (°C)	1083,4
Punto de ebullición (°C)	2595
Densidad (g cm <sup>-3</sup> )	8,96
Calor específico (J g <sup>-1</sup> °C <sup>-1</sup> )	0,385
Conductividad eléctrica (MS m <sup>-1</sup> )	58,108
Conductividad térmica (W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	400

Fuente: Handbook of Chemistry and Physics, 84<sup>th</sup> edition (2003-2004).



Chile cuenta con la mina a tajo abierto más grande del mundo: Chuquicamata (Segunda Región de Antofagasta). Actualmente está en proyecto la Mina Subterránea Chuquicamata, cuya implementación requiere cuatro años más de estudio.

El **cobre (Cu)** es un metal de transición que fue descubierto en estado natural (cobre nativo) en Asia Menor, aproximadamente 6500 años a. C.

Este metal se caracteriza por ser un excelente conductor eléctrico, por lo que se utiliza en la fabricación de cables de alambreado público, computadores y electrodomésticos. Por su gran conductividad térmica se emplea en la fabricación de utensilios de cocina y paneles solares. El cobre es dúctil, ya que es capaz de alargarse y estirarse. También es maleable, pues de él se pueden obtener láminas muy delgadas.

La mayoría de los metales de uso diario son combinaciones de dos o más metales, las llamadas aleaciones, que tienen propiedades características, como mayor dureza o resistencia. Las dos aleaciones más importantes del cobre son el **latón** (aleación con cinc) y el **bronce** (aleación con estaño).

La minería es la actividad económica más importante en Chile. En 2008, el 88,2% de las exportaciones correspondió a productos mineros, y de estos, el cobre representó el 50,6% de la exportación nacional.

En la naturaleza, el cobre se encuentra combinado con oxígeno o con azufre, es decir, hay minerales de cobre **oxidados** y **sulfurados**. Los yacimientos de cobre se relacionan con la presencia de rocas intrusivas, que son rocas ígneas formadas por material magmático que se introdujo a gran temperatura y presión en la corteza terrestre.

Tabla N° 2: Comparación anual de la producción de cobre.

	2005	2006	2007	2008
Cobre (miles de toneladas métricas)	5321	5361	5557	5330

Fuente: Compendio de la minería chilena 2009.

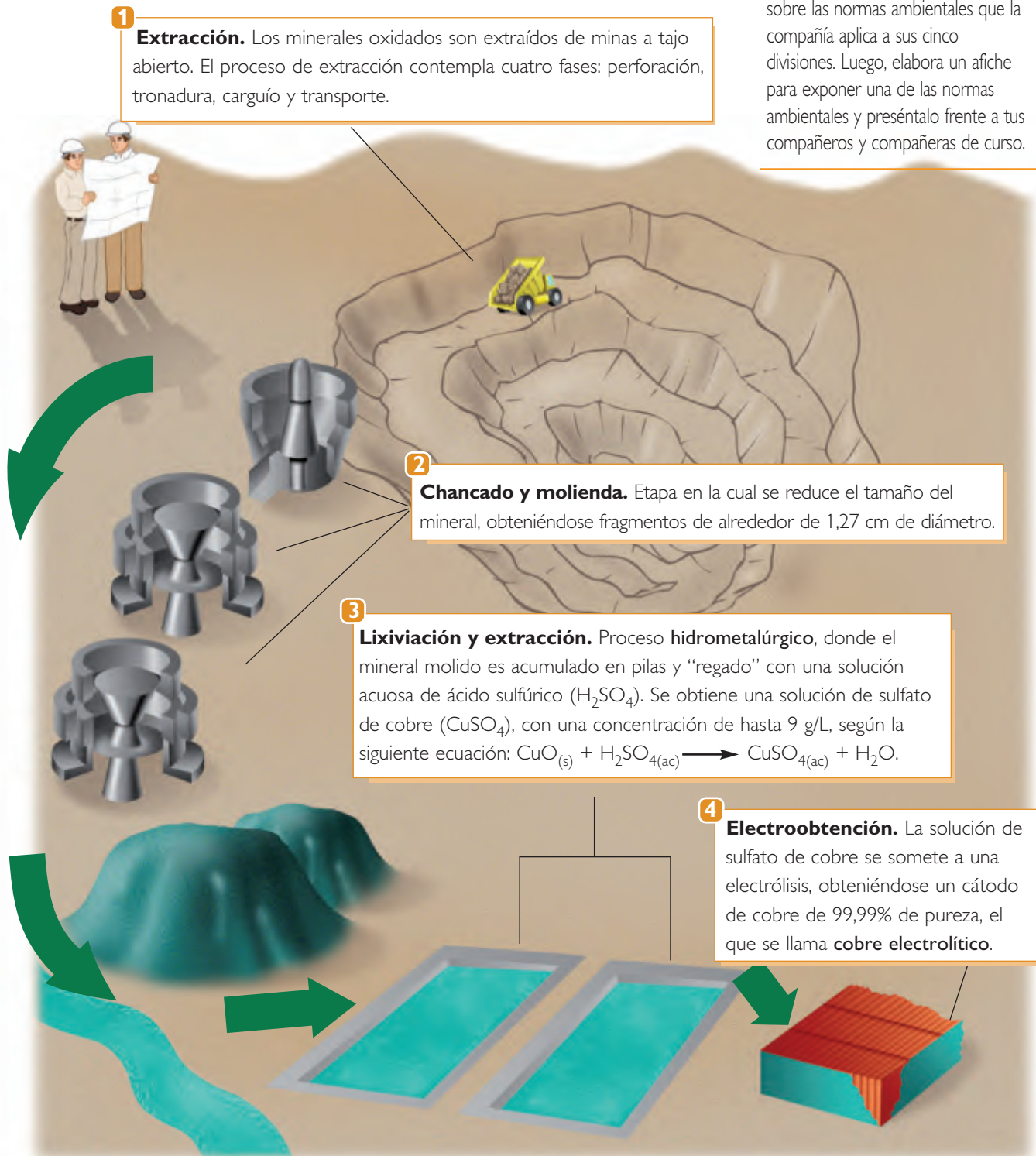


## 2.1. Metalurgia del cobre oxidado

La siguiente imagen representa el proceso de producción de cobre a partir del cobre oxidado.

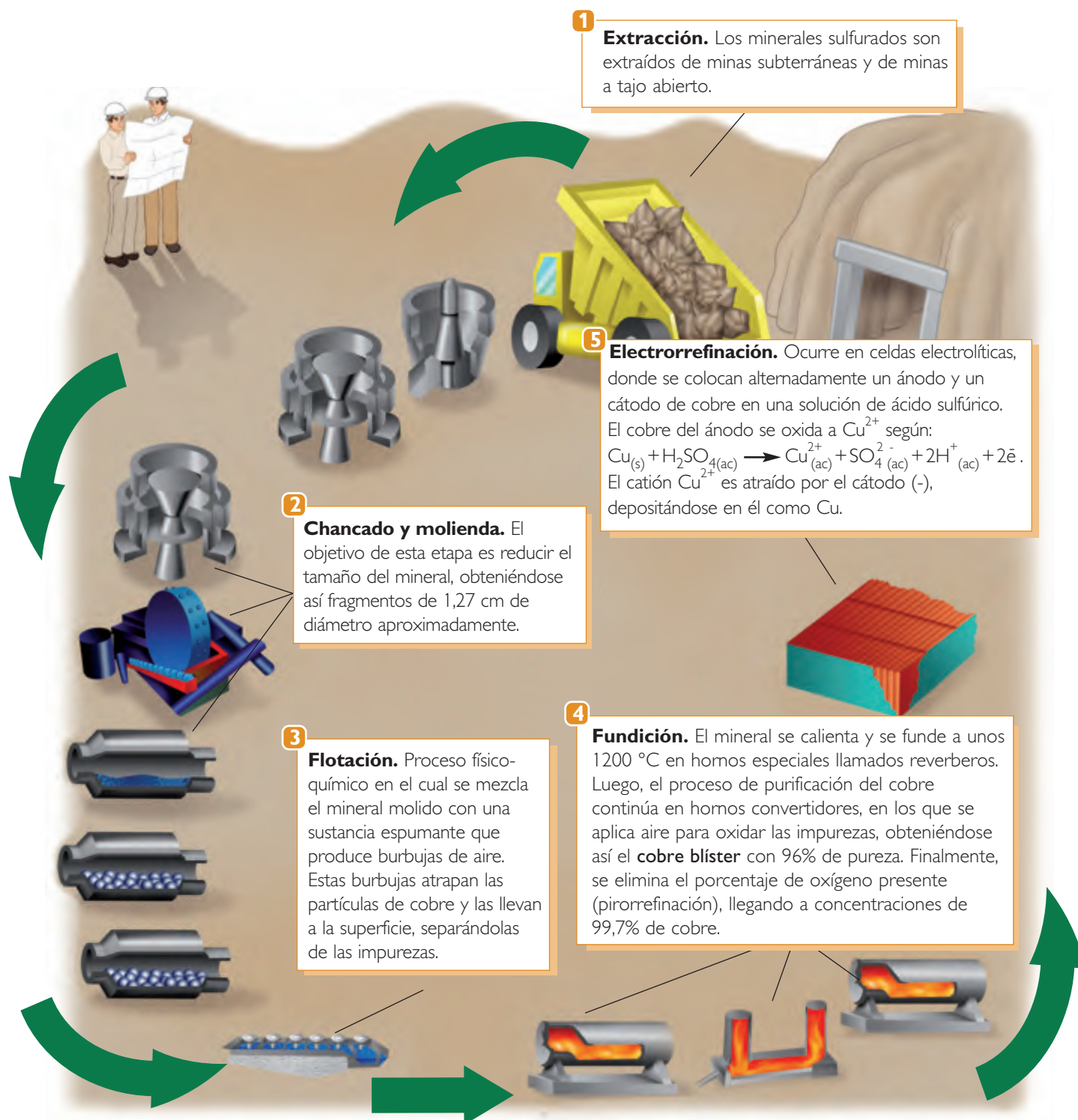
### Inter@ctividad

Ingresa a la página web: [www.educaciónmedia.cl/web](http://www.educaciónmedia.cl/web) y escribe el código 11Q4161. Averigua sobre las normas ambientales que la compañía aplica a sus cinco divisiones. Luego, elabora un afiche para exponer una de las normas ambientales y preséntalo frente a tus compañeros y compañeras de curso.



## 2.2. Metalurgia del cobre sulfurado

El mineral de cobre sulfurado es una mezcla compuesta por sulfuros de cobre y hierro, combinados con diferentes elementos. La siguiente imagen representa el proceso de obtención de cobre a partir de cobre sulfurado.



### 2.3. Biolixiviación

Desde hace algún tiempo, en nuestro país se han estado utilizando ciertas especies de bacterias en el proceso de lixiviación del cobre, proceso llamado lixiviación bacteriana. Estas bacterias oxidan el azufre que contienen los minerales de sulfuro de cobre ( $\text{CuS}$ ), se encuentra en estado sólido, obteniéndose una solución de sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ). A partir de esta solución se puede recuperar el cobre como metal.

### 2.4. Subproductos del cobre

A continuación se señalan algunos subproductos que se obtienen de la metalurgia del cobre.

**A. El molibdeno.** Metal de color gris oscuro que no se encuentra en la naturaleza en estado puro, sino combinado con otros elementos, formando varios compuestos. Este metal cada día adquiere mayor importancia a nivel internacional por sus múltiples usos. Las propiedades que destacan del molibdeno son: gran resistencia a las temperaturas y a la corrosión y alta durabilidad. Alrededor del 80% del molibdeno producido se usa como aditivo en la fabricación del acero industrial. También se utiliza en la industria del petróleo para construir herramientas de alta resistencia al desgaste, y en las construcciones de edificios mantiene el brillo y la resistencia de los metales.

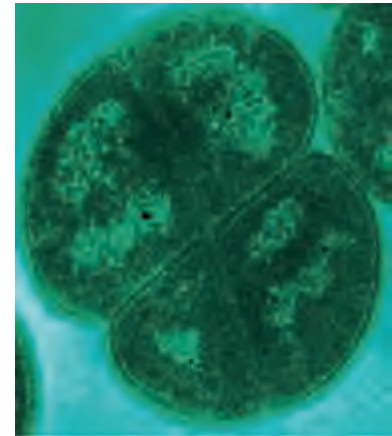
Nuestro país aporta con el 22% de la producción mundial de molibdeno, por lo que ha pasado a ser el segundo metal más importante de los productos mineros chilenos.

Tabla N° 3: Comparación anual de la producción de molibdeno.

Producción anual	2005	2006	2007	2008
Molibdeno (toneladas)	47 885	43 158	44 775	33 639

Fuente: Censo de la minería chilena 2009.

**B. Ácido sulfúrico.** Líquido denso, altamente corrosivo. Tiene la propiedad de disolver muchos metales y sustancias. La mayor parte del ácido sulfúrico producido por las mineras es destinado al consumo propio, ya que se utiliza en la lixiviación y en la electroobtención. Este compuesto también se emplea en la industria productora de fertilizantes y en las industrias papeleras.



Existen bacterias capaces de degradar petróleo, azufre, metano y una gran variedad de sustancias químicas. Esta propiedad es muy ventajosa para disminuir la contaminación ambiental producida por los desechos provenientes de la metalurgia.

#### Actividad 5

#### Seleccionar información

Averigua, en distintas fuentes confiables de Internet, sobre el ácido sulfúrico. Selecciona la información que a tu juicio sea pertinente y luego, responde las siguientes preguntas en tu cuaderno.

1. ¿Qué porcentaje de ácido sulfúrico se reutiliza en la minería?
2. ¿Qué cantidad del gas dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) se genera en la producción minera?
3. ¿En qué etapa de la refinación de cobre se produce este gas?
4. ¿De qué manera ha impactado al medioambiente la producción de este compuesto? Explica.

Lectura científica

## Las propiedades antimicrobianas del cobre: un abanico de posibilidades en beneficio del ser humano

Antes de que se descubriera que los microorganismos existían, los ciudadanos del antiguo Imperio Romano usaban el cobre para mejorar la higiene pública, pues comprobaban en la práctica que el agua transportada a través de vasijas de este material era segura de beber y que los utensilios de cobre para cocinar ayudaban a prevenir enfermedades.

A comienzos de 2008, la Agencia de Protección Ambiental de EE UU, EPA (Environmental Protection Agency), declaró al cobre como el “primer metal bactericida del mundo”. El cobre y sus aleaciones (latón y bronce) son capaces de destruir bacterias dañinas y potencialmente mortíferas, ayudando a controlar la incidencia de infecciones en áreas de la salud, alimentación y aire acondicionado, entre otros, atributo que no proporcionan el acero inoxidable, el vidrio y el mármol.

Se estima que 2000 personas en Chile mueren anualmente por infecciones intrahospitalarias y en los Estados Unidos esta cifra llegaría a 100 000.



Archivo Codeico.

Cobricación del Hospital de Calama, con el que se demuestra la propiedad bactericida del cobre.

Por sus propiedades bactericidas y antisépticas, el cobre debería estar presente en quirófanos, restaurantes y sistemas de aire acondicionado.

De hecho, ya se aplica en telas cubiertas con óxido de cobre para inhibir la proliferación de gérmenes. En la industria salmonera se han remplazado las jaulas de plástico por unas de cobre y estaño, que previenen problemas de contaminación y adherencia de crustáceos y moluscos.

Fuente: Copper, International Cooper Association, Ltd. (s.f). Las propiedades antimicrobianas del cobre: un abanico de posibilidades en beneficio del ser humano. Recuperado en: [www.copperinfo.com/news/press\\_releases/2005/pdf/antimicrobial.pdf](http://www.copperinfo.com/news/press_releases/2005/pdf/antimicrobial.pdf)

### Trabaja con la información

Lee y comenta con tus compañeros y compañeras.

1. ¿Qué propiedades tiene el cobre que lo hacen un metal apropiado para utilizarlo en la medicina?
2. ¿Qué otros usos le darías al cobre? Explica.
3. ¿Qué ventajas económicas crees que le reportaría(n) a nuestro país la elaboración de este tipo de productos y su consiguiente exportación? Explica.



## EJEMPLO RESUELTO 2

### Ley de un mineral

Si a partir de 280 kg de un mineral se obtuvieron 3200 g del metal, ¿explotarías comercialmente la mina?

**Dato:** Si la ley del mineral es superior al 1% para el metal principal, es una mena apta para ser explotada.

#### 1. Entender el problema e identificar la incógnita.

Se desea establecer si el metal obtenido en la mina es apto para comercializarlo. Esto se puede determinar conociendo su ley; si es mayor al 1%, se puede explotar.

#### 2. Registrar los datos que nos entrega el problema.

- Masa del mineral: 280 kg
- Masa del metal: 3200 g

#### 3. Diseñar un plan de acción.

Debemos:

- convertir la masa del metal a kilogramos.
- calcular la ley del mineral según la siguiente expresión:

$$\frac{100\%}{\text{masa del mineral}} = \frac{X}{\text{masa del metal}}$$

#### 4. Ejecutar el plan.

Conversión de los gramos de metal en kilogramos.

$$\frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = \frac{3200 \text{ kg}}{X \text{ kg}} \quad X = 3,2 \text{ kg}$$

Cálculo de la ley del mineral. Para esto reemplazamos los datos en la expresión:

$$\frac{100\%}{280 \text{ kg}} = \frac{X}{3,2 \text{ kg}} \quad X = 1,14\%$$

#### 5. Respuesta.

La ley del mineral es 1,14%, por lo que podemos concluir que la mina es apta para ser explotada.



Maquinaria pesada utilizada para la extracción de los minerales. La fotografía nos muestra la extracción de la caliza ( $\text{CaCO}_3$ ).

### PARA TRABAJAR

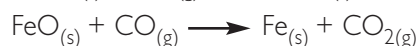
1. Un mineral en Chile posee una ley de 1,5% para el cobre y 0,08% para el molibdeno.
  - a. ¿Qué cantidad del mineral se debe extraer para producir 2,5 toneladas de cobre?
  - b. ¿Cuál será la cantidad de molibdeno obtenida?
2. Si se tienen 800 kg de un mineral, y a partir de este se obtienen 5300 g de un metal, ¿conviene explotar la mina?
3. De un yacimiento se extraen 15 toneladas de mineral, del cual se obtienen 570 kg de metal. Calcula la ley del mineral e indica si es conveniente explotar la mina.
4. De una mina se extraen 85 toneladas de un mineral. Luego de procesar el mineral se producen 1500 kilogramos de metal. ¿Cuál es la ley del mineral?

### 3. El hierro

#### Actividad 6

#### Interpretar

Observa las siguientes ecuaciones, que están relacionadas con la obtención de hierro fundido a partir de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Luego, desarrolla las preguntas en tu cuaderno.



1. Balancea las ecuaciones.
2. Escribe la ecuación global del proceso de obtención de hierro fundido e identifica el agente reductor y oxidante.

#### Ficha técnica: hierro (Fe)

Número atómico	26
Masa atómica ( $\text{g mol}^{-1}$ )	55,845
Configuración electrónica	$[\text{Ar}] 3d^6 4s^2$
Punto de fusión ( $^{\circ}\text{C}$ )	1536
Punto de ebullición ( $^{\circ}\text{C}$ )	2857
Densidad ( $\text{g cm}^{-3}$ )	7,86
Calor específico ( $\text{J g}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	0,385
Conductividad eléctrica ( $\text{MS m}^{-1}$ )	9,93
Conductividad térmica ( $\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ )	80,2

Fuente: Handbook of Chemistry and Physics. 84<sup>th</sup> edition (2003-2004).

El **hierro (Fe)** es un metal de transición de color gris, con brillo metálico. Es maleable y posee propiedades magnéticas. Los principales yacimientos nacionales se encuentran en las regiones de Antofagasta y Coquimbo.

Alrededor del 5% de la corteza terrestre está compuesta por hierro y casi siempre está combinado con no metales, como oxígeno, azufre y silicio, formando los minerales de hierro, como la hematita (óxido de hierro (III),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

El principal uso y aplicación del hierro es la fabricación y producción del **acero**. El acero es una aleación del hierro que contiene entre 0,3 y 1,4% de carbono, y otros elementos; la aleación resultante es de alta dureza y resistencia.



#### Conexión con... Biología

El hierro es un mineral esencial para nuestro organismo, por lo que debemos incluirlo en nuestra dieta. Este mineral está presente, por ejemplo, en la hemoglobina de la sangre, proteína responsable de transportar oxígeno a todas las células de nuestro organismo. La deficiencia de hierro puede causar patologías como la anemia, que resulta de niveles bajos de hemoglobina en la sangre. Aunque este mineral se encuentra presente en diversos alimentos, el hierro de origen animal se absorbe mejor que el de origen vegetal. Algunos alimentos con alto contenido en hierro son: carnes rojas, atún, salmón, huevos, cereales, espinacas, acelgas y legumbres.

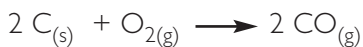
Elabora una ficha informativa sobre las funciones del hierro en el organismo.



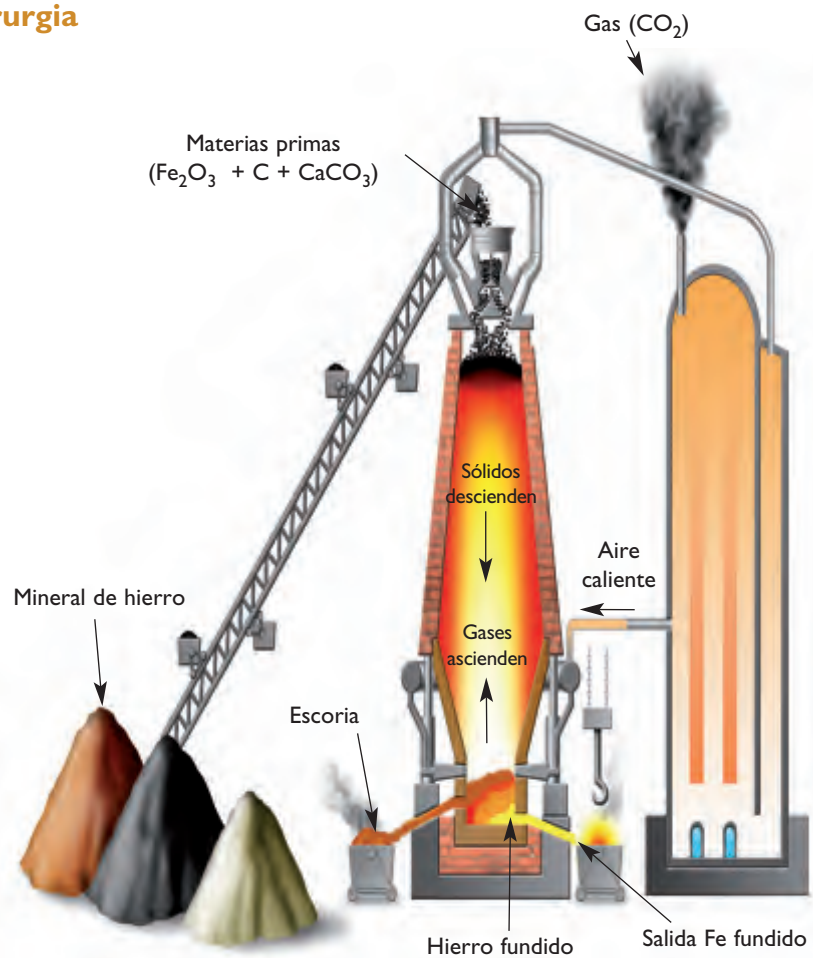
### 3.1. Metalurgia del hierro: siderurgia

A escala industrial, el hierro se prepara en un alto horno mediante una reacción de reducción química. Las materias primas utilizadas son la mena, el carbón coque, y la piedra caliza (carbonato de calcio). Estas sustancias se cargan por la parte superior del alto horno, mientras que por la parte inferior, se inyecta aire caliente para facilitar los procesos químicos. La imagen a la derecha ilustra el proceso de producción de hierro.

Los gases que ascienden se obtienen de la combustión del carbón coque, según la ecuación:



El monóxido de carbono (CO) reduce al óxido de hierro (III)  $Fe_2O_3$  hasta formar el hierro fundido. Este proceso ocurre a temperaturas cercanas a los 1000 °C. La piedra caliza agregada al alto horno participa en la formación de escorias.



Representación del proceso de producción del hierro.

Tabla N° 4: Comparación de la producción anual del hierro en Chile.

	2005	2006	2007	2008
Hierro (miles de toneladas métricas)	7862	8629	8818	9316

Fuente: Compendio de la minería chilena 2009.

#### Actividad 7

#### Interpretar

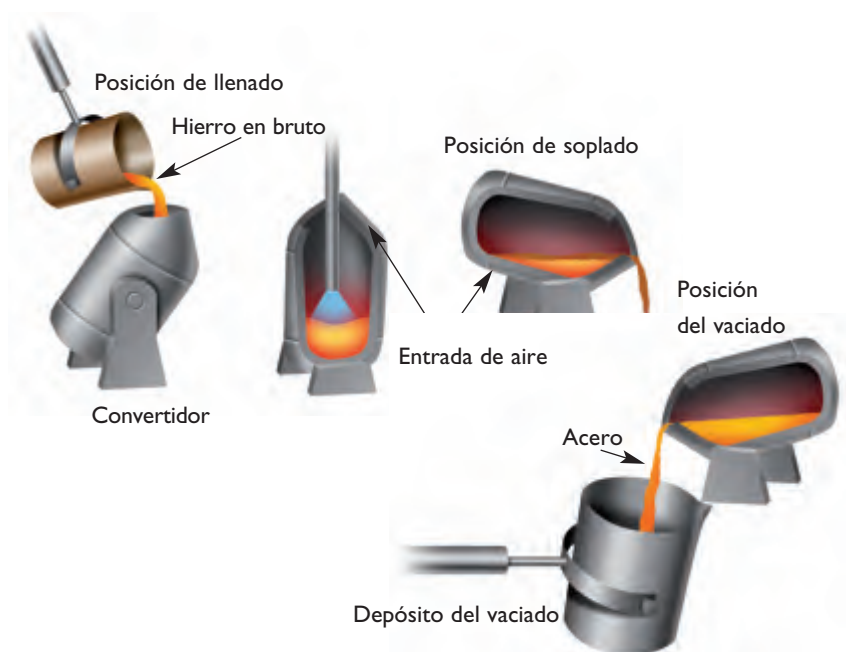
Observa la imagen superior que ilustra el proceso de producción de hierro. Luego, escribe las ecuaciones balanceadas para cada etapa:

- Primera etapa: descomposición de la piedra caliza en óxido de calcio y dióxido de carbono.
- Segunda etapa: el óxido de calcio reacciona con las impurezas del mineral, como el óxido de silicio, para formar silicato de calcio ( $CaSiO_3$ ).

## DESARROLLO DE CONTENIDOS

## 3.2. El acero

El acero inoxidable, muy utilizado en la fabricación de utensilios de cocina, es una aleación que, además de hierro y carbono, contiene níquel, cromo y molibdeno. Para obtener el acero se realiza un proceso básico de oxidación, en el cual las impurezas se eliminan, haciéndolas reaccionar con oxígeno. Este método es muy utilizado por su facilidad de operación y los cortos tiempos que requiere para cada conversión en gran escala (quince a veinte minutos). El siguiente esquema muestra el proceso de obtención del acero.



El hierro fundido es vaciado en un gran recipiente llamado **convertidor**, que puede contener hasta cien toneladas de hierro fundido y ser girado en distintas posiciones. Por el fondo del convertidor se introduce aire para oxidar las impurezas que acompañan al metal; el manganeso, el fósforo, el silicio y el exceso de carbono al reaccionar con el oxígeno forman óxidos. Como el proceso de oxidación es exotérmico, no es necesario aplicarle calor. Aproximadamente veinte minutos después, el proceso de oxidación finaliza; esto se reconoce por el color de la llama que sale por la abertura del convertidor. Finalmente se vacía el acero.

## Actividad 8

## Seleccionar información y aplicar

El acero es uno de los materiales que más se reciclan en nuestro planeta. El 45% de la producción total anual de acero proviene del reciclaje de chatarra. Por ejemplo, las carrocerías de los automóviles tienen como mínimo 25% de acero reciclado. El acero se puede reciclar repetidamente sin que pierda sus propiedades.

1. Averigua en distintas fuentes en qué consiste el proceso de reciclaje del acero y describe las etapas que intervienen en él.
2. Explica las ventajas que tiene para el medioambiente el reciclaje de acero en los siguientes aspectos:
  - a. Ahorro de energía en los procesos de producción.
  - b. Ahorro en el uso de minerales vírgenes.
  - c. Disminución de residuos mineros.
  - d. Disminución de emisiones contaminantes al aire y agua.
  - e. Disminución en la generación de residuos sólidos.

## TALLER CIENTÍFICO

## Galvanización del hierro

## A. Observación

Como estudiaste en Tercer Año Medio, la galvanoplastia es un proceso electrolítico utilizado para evitar la corrosión del hierro. Este procedimiento consiste en cubrir el hierro con otro metal. La galvanoplastia puede llevarse a cabo a través de la fabricación de una celda electrolítica, que corresponde a un sistema en donde ocurre la emigración espontánea de los electrones.

## B. Planteamiento de problema

Tomando en cuenta las propiedades y características de los siguientes metales: cobre, cinc y plata, ¿cuál seleccionarías para el proceso de galvanización del hierro?, ¿por qué?

## C. Hipótesis

Reúnanse en grupos de tres o cuatro integrantes y propongan una hipótesis a las interrogantes planteadas. Consideren los potenciales de reducción que aparecen en la tabla N° 5 para plantear la hipótesis.

## D. Diseño experimental

## Materiales:

Propongan y consigan los materiales que les permitirán poner a prueba la hipótesis planteada.

## Procedimiento:

Diseñen un plan de trabajo para verificar la hipótesis.

## E. Resultados

Propongan una forma de presentar los resultados obtenidos en la experimentación.

## F. Análisis y conclusiones

1. ¿Qué cambios se observan en los electrodos?
2. ¿Cómo se explican los resultados obtenidos?
3. ¿Esta reacción es factible de ser realizada a gran escala? Fundamenten.
4. ¿Cómo pueden influir los factores estequiométricos y termodinámicos en esta reacción?
5. Escriban las reacciones de óxido-reducción que se producen en la actividad.
6. ¿Cuál es la utilidad de este proceso?

Tabla N° 5: Potencial estándar de reducción a 25 °C.

Semirreacción	E° (volts)
$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}$	- 3,04
$\text{Ca}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ca}$	- 2,84
$\text{Mg}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Mg}$	- 2,36
$\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$	- 0,76
$\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$	- 0,44
$2\text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$	0,00
$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	+0,34
$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$	+0,80
$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	+1,23
$\text{Cl}_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Cl}^-$	+1,36
$\text{F}_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{F}^-$	+2,87

Fuente: Petrucci, R., Harwood, W. y Herring, F. (2003). *Química general* (8ª edición). Madrid: Pearson Educación S.A.

## Conversemos

Comenten con sus compañeros y compañeras en torno a las siguientes preguntas.

- a. ¿Participaron colaborativamente en el planteamiento y desarrollo de cada etapa de la actividad?
- b. ¿Cumplieron con las tareas definidas al interior del grupo?

## DESARROLLO DE CONTENIDOS



Esfalerita (ZnS)

## 4. Otros metales de interés

Chile es un país de grandes reservas de minerales, siendo las mayores producciones las de cobre, hierro y molibdeno. Sin embargo, en porcentajes menores destaca la producción de cinc, manganeso, plata y oro.

### Cinc (Zn)

El cinc es un metal de color gris brillante que, a temperatura ambiente, es bastante quebradizo, pero que al calentarlo entre 100 y 150 °C, se vuelve blando y maleable. En forma nativa se encuentra frecuentemente como sulfuros, óxidos y carbonatos. La principal aplicación industrial es el galvanizado del acero, cuya función, como pudiste analizar en el *Taller científico*, es proteger al hierro de la corrosión. El cinc, en nuestro organismo, es considerado un oligoelemento esencial que participa en el metabolismo de proteínas, ácidos nucleicos y carbohidratos. Además, interviene en el funcionamiento del sistema inmunológico. La deficiencia de ese metal en nuestro organismo puede generar, entre otras cosas, retardo en la división celular y crecimiento de las células y lesiones oculares y cutáneas.

#### Ficha técnica: cinc (Zn)

Número atómico	30
Masa atómica (g mol <sup>-1</sup> )	65,4
Configuración electrónica	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup>
Punto de fusión (°C)	420
Punto de ebullición (°C)	907
Densidad (g cm <sup>-3</sup> )	7,14
Calor específico (J g <sup>-1</sup> °C <sup>-1</sup> )	0,39
Conductividad eléctrica (MS m <sup>-1</sup> )	17
Conductividad térmica (W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	120

Fuente: Handbook of Chemistry and Physics. 84<sup>th</sup> edition (2003-2004).

Tabla N° 6: Comparación anual de la producción de cinc.

	2005	2006	2007	2008
Cinc (toneladas)	28 841	36 238	36 453	40 519

Fuente: Compendio de la minería chilena 2009.

#### Ficha técnica: manganeso (Mn)

Número atómico	25
Masa atómica (g mol <sup>-1</sup> )	54,9
Configuración electrónica	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>5</sup>
Punto de fusión (°C)	1246
Punto de ebullición (°C)	2061
Densidad (g cm <sup>-3</sup> )	7,470
Calor específico (J g <sup>-1</sup> °C <sup>-1</sup> )	0,479
Conductividad eléctrica (MS m <sup>-1</sup> )	0,62
Conductividad térmica (W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	7,8

Fuente: Handbook of Chemistry and Physics. 84<sup>th</sup> edition (2003-2004).

Tabla N° 7: Comparación anual de la producción de manganeso.

	2005	2006	2007	2008
Manganeso (toneladas)	39 786	37 169	26 808	18 273

Fuente: Compendio de la minería chilena 2009.

### Manganeso (Mn)

El manganeso es un metal blanco grisáceo parecido al hierro, duro y muy frágil, fácilmente oxidable. Está presente en muchos minerales, como: la pirolusita (MnO<sub>2</sub>), la manganita (MnO(OH)) y la braunita (3 Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · MnSiO<sub>3</sub>). Al igual que el cinc, el manganeso cumple importantes funciones en nuestro organismo; por ejemplo, forma parte del sitio catalítico de distintas enzimas e interviene en el metabolismo celular.

Pirolusita (MnO<sub>2</sub>)

## Plata (Ag)

La plata es un metal blanco grisáceo, brillante, blando, dúctil y maleable. En forma nativa se encuentra frecuentemente como sulfuro de plata ( $\text{Ag}_2\text{S}$ , argentita). Este metal es poco abundante en la naturaleza y su obtención es básicamente a partir de los barros anódicos y concentrados provenientes de la metalurgia del cobre. Pese a que la plata es el mejor conductor eléctrico y térmico en relación con los demás metales, su alto valor económico ha dificultado su utilización masiva en aplicaciones eléctricas.

Tabla N° 8: Comparación anual de la producción de plata.

	2005	2006	2007	2008
Plata (toneladas)	1399,5	1607,2	1936,5	1405,0

Fuente: Compendio de la minería chilena 2009.

## Oro (Au)

El oro es un metal amarillo, brillante y denso. Se caracteriza por su gran ductilidad y maleabilidad. Es un buen conductor eléctrico y además es resistente a la oxidación. Como es un metal electrónicamente muy estable, se le suele encontrar en la naturaleza (específicamente en depósitos aluviales) como un metal libre y sin combinar, en forma de pepitas.



El oro es un metal electrónicamente muy estable.

Tabla N° 9: Comparación anual de la producción de oro.

	2005	2006	2007	2008
Oro (toneladas)	40 447	42 100	41 527	39 162

Fuente: Compendio de la minería chilena 2009.



La argentita ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ) es una de las menas de plata más importantes.

### Ficha técnica: plata (Ag)

Número atómico	47
Masa atómica ( $\text{g mol}^{-1}$ )	107,86
Configuración electrónica	$[\text{Kr}] 4d^{10}5s^1$
Punto de fusión ( $^{\circ}\text{C}$ )	962
Punto de ebullición ( $^{\circ}\text{C}$ )	2162
Densidad ( $\text{g cm}^{-3}$ )	10,49
Calor específico ( $\text{J g}^{-1} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	0,235
Conductividad eléctrica ( $\text{MS m}^{-1}$ )	62
Conductividad térmica ( $\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ )	430

Fuente: Handbook of Chemistry and Physics. 84<sup>th</sup> edition (2003-2004).

### Ficha técnica: oro: (Au)

Número atómico	79
Masa atómica ( $\text{g mol}^{-1}$ )	196,96
Configuración electrónica	$[\text{Xe}] 6s^1 4f^{14} 5d^{10}$
Punto de fusión ( $^{\circ}\text{C}$ )	1064
Punto de ebullición ( $^{\circ}\text{C}$ )	2856
Densidad ( $\text{g cm}^{-3}$ )	19,3
Calor específico ( $\text{J g}^{-1} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	0,129
Conductividad eléctrica ( $\text{MS m}^{-1}$ )	45
Conductividad térmica ( $\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ )	320

Fuente: Handbook of Chemistry and Physics. 84<sup>th</sup> edition (2003-2004).

## Actividad 9

## Seleccionar información

Lee y responde por escrito las siguientes preguntas.

1. Averigua en distintas fuentes (textos escolares, enciclopedias o Internet) sobre el plomo: mineral del que se extrae, propiedades, características y usos.
2. Indaga por qué el plomo es considerado un metal tóxico y dañino para la salud. Elabora un tríptico informativo al respecto y compártelo con tus compañeros y compañeras.

## 5. Desarrollo sustentable

En la actualidad hay una gran preocupación por la conservación de los recursos naturales, ya que no hay duda alguna de que el uso inadecuado amenaza y altera el medioambiente. Esta preocupación se ha expresado a través de un concepto que busca armonizar el crecimiento de la economía con la protección del medioambiente y el desarrollo humano: el **modelo de desarrollo sustentable**. Este modelo es reconocido y aceptado mundialmente como la única salida a los problemas medioambientales generados por el crecimiento económico.



Edificio de la Cepal (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) en Chile, organización perteneciente al Organismo de las Naciones Unidas, ONU. Las conferencias internacionales sobre el medioambiente convocadas por la ONU han tenido gran repercusión en las políticas medioambientales de los países.

El crecimiento económico que ha experimentado nuestro país en las últimas décadas ha generado, por un lado, importantes recursos que han permitido el aumento de la inversión en educación, salud y servicios públicos en general, y por otro, graves problemas medioambientales. En este contexto, nuestro país ha incorporado los principios de sustentabilidad a través de la **Ley de Bases del Medioambiente** (1994). La Ley N° 19300, artículo 2°, señala: "g) Desarrollo Sustentable: el proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección del medio ambiente, de manera de no comprometer las expectativas de las generaciones futuras".

Esto es fundamental si consideramos que es el medioambiente la fuente de donde se extraen los recursos naturales, que son la base de todo lo que se produce; nada se puede hacer sin ellos. Cuando utilizamos los recursos renovables en un volumen mayor que el apropiado para su recuperación, estamos comprometiendo su disponibilidad para las próximas generaciones; lo mismo ocurre al extraer en forma indiscriminada recursos no renovables, cuyas reservas reales se desconocen. El problema de la conservación de los recursos naturales es tarea de todas las personas.

### Actividad 10

### Analizar

Reúnanse en grupos de cuatro o cinco integrantes y discutan las siguientes preguntas.

1. ¿Cómo se pueden utilizar los recursos para evitar su agotamiento?
2. ¿Cuándo y cómo se debe intervenir para limitar el uso de algunos recursos?
3. ¿Qué rol les corresponde a las autoridades, a las empresas y a las familias en la protección y conservación de los recursos?
4. ¿Qué entienden por explotación racional y consumo sustentable de los recursos naturales?
5. Investiguen sobre casos de contaminación producidos por la minería y la actividad industrial en nuestro país, en especial en su región o localidad.



Lectura científica

## Descontaminando la minería

**Nuevos planes de descontaminación buscan reducir las emanaciones de dióxido de azufre.**

Una de las actividades económicas más relevantes de Chile es la minería, que se concentra en el norte y centro del país. A principios de los años noventa, uno de los principales problemas de contaminación atmosférica fueron las emisiones de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) de las grandes fundiciones, con emisiones que alcanzaban las 1 700 000 toneladas por año. Esto repercutía directamente en la calidad del aire de las localidades circundantes.

Con el objetivo de recuperar la calidad ambiental de las zonas aledañas a las instalaciones mineras, se implementaron planes de descontaminación. Estos establecieron un cronograma de reducción de emisiones y planes operacionales para la protección de la población, ante la ocurrencia de episodios críticos de contaminación.

Con la aplicación de planes de descontaminación, se logró disminuir las emisiones de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) en 49%, llegando a 870 000 toneladas por año en 2002, con el consecuente mejoramiento de la calidad ambiental.

En el caso de la Fundición Hernán Videla Lira (Paipote), desde 1993 la Empresa Nacional de Minería (ENAMI) ha realizado una inversión cercana



Potrerillos.

a los 90 millones de dólares, logrando reducir considerablemente las emisiones de  $\text{SO}_2$ .

En 1997, la fundición Potrerillos, perteneciente a la División Salvador de Codelco, fue declarada saturada por  $\text{SO}_2$  y material particulado; en 1999 se estableció un plan de descontaminación para reducir paulatinamente los niveles de emisión de la fundición y llegar a cumplir con las normas de calidad del aire de  $\text{SO}_2$  y material particulado a partir de 2003.

Fuente: [www.educarchile.cl](http://www.educarchile.cl)

### Trabaja con la información

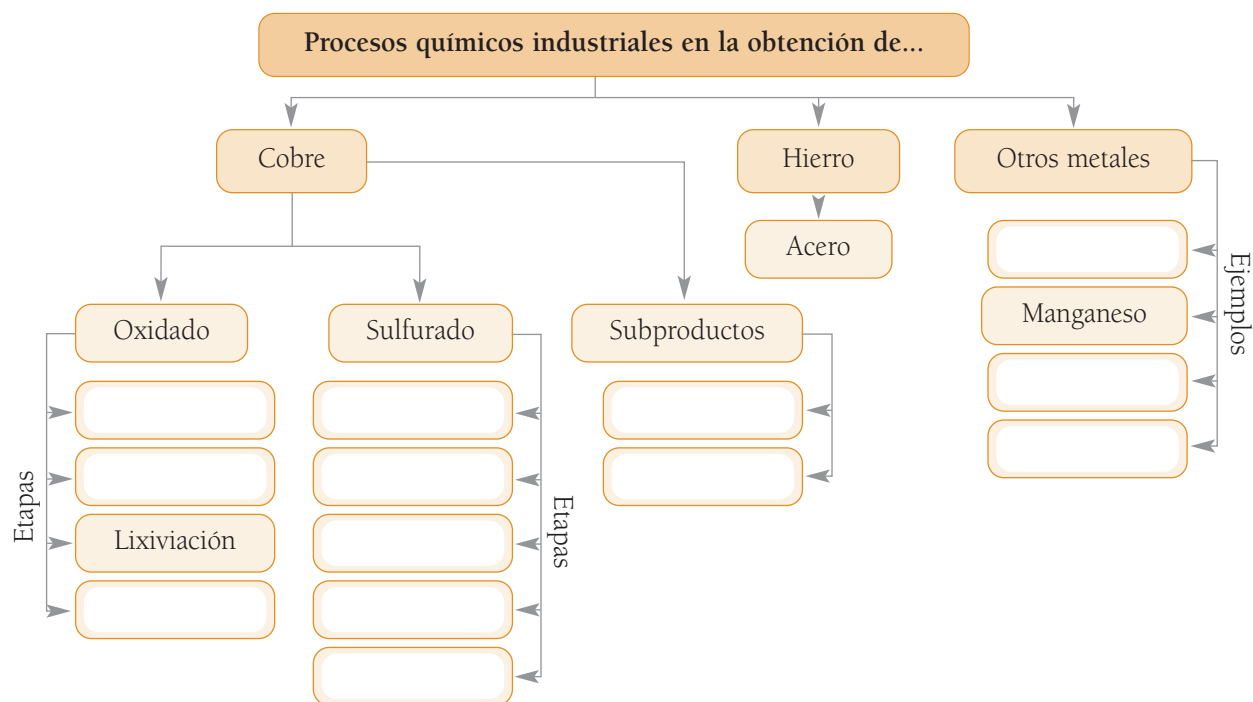
Lee y comenta con tus compañeros y compañeras.

1. ¿Qué efectos crees que tiene para el medioambiente la acumulación de  $\text{SO}_2$ ? Explica.
2. ¿Qué instituciones se preocupan de fiscalizar y controlar la actividad de las industrias mineras?
3. Las cifras entregadas en el documento comprenden solo hasta 2003. ¿Cómo crees que es la situación en la actualidad? Averigua en distintas fuentes cuál ha sido el porcentaje de emisión de dióxido de azufre desde ese año a la fecha.

## SÍNTESIS - EVALUACIÓN DE PROCESO

## Síntesis del Tema 2

Lee y completa el siguiente esquema que resume los principales conceptos tratados en el Tema 2.



## Evaluación de proceso

**I** Lee las siguientes preguntas y selecciona la alternativa correcta (2 puntos cada una).

- La etapa de lixiviación en el proceso de obtención de cobre puro a partir de su mineral consiste en un tratamiento con:
  - solventes orgánicos para extraer impurezas.
  - ácido sulfúrico para obtener iones  $\text{Cu}^{2+}$ .
  - electricidad para conseguir cobre puro.
  - calor para aumentar la pureza.
  - solventes para separar la escoria.
- En el proceso de obtención de cobre a partir de sus minerales oxidados hay dos etapas fundamentales, estas son:
  - electrólisis y oxidación.
  - lixiviación y molienda.
  - lixiviación y electrólisis.
  - lixiviación y oxidación.
  - molienda y reducción.
- ¿Qué nombre recibe el proceso que permite separar el cobre oxidado del resto de los minerales?
  - Hidrometalurgia.
  - Pirometalurgia.
  - Calcinación.
  - Tostación.
  - Molienda.
- ¿Qué proceso de separación de los minerales del cobre sulfurado requiere de reactivos espumantes?
  - Tostación.
  - Flotación.
  - Calcinación.
  - Lixiviación.
  - Pirometalurgia.

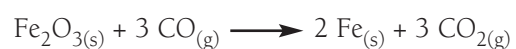
5. ¿Cuál es la función que tiene la utilización de la piedra caliza ( $\text{CaCO}_3$ ) en la extracción del hierro por el método de alto horno?
- Expulsión de compuestos volátiles.
  - Reducción de los óxidos de hierro.
  - Enfriamiento del hierro fundido.
  - Formación de la escoria.
  - Combustión del coque.
6. El acero inoxidable es un material muy resistente a la corrosión, por lo que se utiliza en la elaboración de instrumentos quirúrgicos y cuchillería. Químicamente, el acero inoxidable está potenciado con:
- Co
  - Si
  - Mn
  - Mo-W
  - Cr-Ni

## II Lee y responde las siguientes preguntas.

1. Si se introduce una lámina de cinc dentro de una solución concentrada de sulfato de cobre, ¿qué crees que ocurre? Selecciona las opciones que consideras más correctas y explícalas (3 puntos).
- El cinc metálico se deposita sobre las paredes del vaso.
  - El cobre metálico se deposita sobre la lámina de cinc.
  - El cinc se reduce.
  - La semirreacción que sufre el cobre es:  $\text{Cu}^{2+} + 2 e^- \rightarrow \text{Cu}$ .
  - Es una reacción que ocurre espontáneamente.



2. En la obtención de hierro fundido a partir de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , según la reacción:



¿Qué cantidad de Fe se obtendría a partir de 1000 kg de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y suficiente CO? (3 puntos).

3. Explica brevemente en qué consiste el modelo de desarrollo sustentable. Señala además tres ventajas que tiene para el medioambiente (4 puntos).

## Me evalúo

Completa la tabla. Para estimar tu puntaje, sigue las indicaciones que te señalará tu profesor o profesora.

Debería	Ítem (preguntas)	Puntaje		¿Qué debo hacer?
		Total	Obtenido	
• Identificar algunas características de los procesos de obtención de metales como el cobre, hierro, oro, plata, cinc y manganeso.	I ( 1 a 6) II (1 y 2)	18		Según los puntajes logrados, realiza las actividades que te indicará tu profesor o profesora.
• Reconocer la importancia que tiene para el medioambiente el desarrollo sustentable.	II (3)	4		

# Tema 3

## Recursos minerales no metálicos

### Actividad exploratoria

### Solubilidad y recristalización de sales

#### A. Antecedentes

La solubilidad es la capacidad que tiene una sustancia para disociarse en otra. Depende, entre otras cosas, de la naturaleza del soluto y del disolvente, así como de la temperatura y presión del ambiente.

En general, la solubilidad de las sustancias sólidas aumenta al incrementarse la temperatura del ambiente; de lo contrario, los sólidos precipitarían al “calentarse” la solución.

Cuando en una solución la cantidad de soluto disuelto excede el valor de solubilidad, se dice que hay una sobresaturación de la solución. Si el soluto de estas soluciones es un sólido se puede recristalizar con facilidad, es decir, parte del soluto en solución solidifica formando cristales. Esto se produce cuando la solución contiene más soluto disuelto del que es capaz de contener, y se puede lograr mediante un enfriamiento controlado de la solución.



#### B. Diseño experimental

Reúnanse en parejas y consigan los siguientes materiales. Luego, realicen el procedimiento que se describe a continuación.

##### Materiales:

- |                                   |                       |                                |
|-----------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| - balanza granataria              | - agua destilada      | - yoduro de sodio o sal yodada |
| - 4 vasos de precipitado de 50 mL | - agua caliente       | - nitrato de sodio o potasio   |
| - varilla de vidrio               | - carbonato de calcio | - sulfato de calcio            |

##### Procedimiento:

1. Rotulen los cuatro vasos de precipitado. Agreguen, al **vaso 1**, 5 g de nitrato de sodio; al **vaso 2**, 5 g de carbonato de calcio; al **vaso 3**, 5 g de sal yodada, y al **vaso 4**, 5 g de sulfato de calcio.
2. Añadan 20 mL de agua destilada a cada vaso y mantengan cada solución a temperatura ambiente. Agiten las soluciones con la varilla de vidrio y anoten sus observaciones. **Nota:** si uno de los solutos utilizados no se disuelve, continúen directamente con el paso 4 y no realicen el 3.
3. Agreguen a cada vaso 20 g más del soluto correspondiente a modo de saturar la solución.
4. Pongan las soluciones saturadas en un baño de agua caliente durante diez minutos, aproximadamente.
5. Dejen los vasos enfriar a temperatura ambiente. Registren sus observaciones.

#### C. Análisis y conclusiones

- a. ¿Por qué algunas sales no se disolvieron a temperatura ambiente? Averigüen los Kps de las distintas sales y fundamenten su respuesta.
- b. ¿Cómo influye la temperatura en la solubilidad de diferentes sales? Expliquen.
- c. ¿Qué cambios físicos adquirieron las soluciones al exponerlas a temperatura ambiente?

## 1. Obtención carbonato de litio y de litio

El **carbonato de litio** es un compuesto muy abundante en la naturaleza. Se puede encontrar formando rocas, como constituyente del esqueleto de muchos organismos y también presente en salmueras.

Las **salmueras** son aguas que contienen una alta concentración de sólidos disueltos (sales) y constituyen importantes reservas de sales minerales, ya que son fuentes de sal común, bromo, yodo, magnesio y litio, entre otros.

El proceso de extracción comienza con el bombeo de las salmueras (soluciones acuosas de sales), ubicadas a unos 30 m de profundidad. Conducidas por cañerías, se reciben en unos estanques donde, con ayuda del calor solar, el agua se evapora y el mineral de litio se concentra. En la *Actividad exploratoria*, pudiste comprobar que al incrementar la temperatura en las soluciones, aumentó la solubilidad de estas, lo que permitió que algunas de las sales se disolvieran; posteriormente, al enfriarse las soluciones, se produjo la cristalización de las sales.

La solución saturada y concentrada (salmuera final) contiene 5,8% de carbonato de litio ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ), además de sales de magnesio (2%) y de boro (0,7%) que, por medio de diferencias de solubilidad, se separan, para poder obtener el mineral de litio en forma pura (como pudiste comprobar en la *Actividad exploratoria*). De este modo el carbonato de litio producido alcanza un grado de pureza de 99,5%, y se comercializa en forma de cristales o gránulos.

El carbonato de litio se utiliza en productos como: vidrios y cerámicas especiales por su alta resistencia a los cambios de temperatura y calidad y para fabricar esmaltes cerámicos, lubricantes y grasas sintéticas de alto rendimiento; en la industria farmacéutica; en el proceso de elaboración del aluminio; en la confección de baterías; en el aire acondicionado y, en el campo de la energía nuclear se emplea en los reactores de fusión nuclear.



Chile comercializa principalmente carbonato de litio ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ). Este compuesto se utiliza como materia prima para la producción de otras sales de litio.

### Conceptos clave

**salmueras:** aguas con un alto contenido salino.

Tabla N° 10: Comparación anual de la producción de carbonato de litio

	2005	2006	2007	2008
Carbonato de litio (toneladas)	43 593	50 035	55 452	52 519

Fuente: Compendio de la minería chilena 2009.

## 1.1. Características del litio

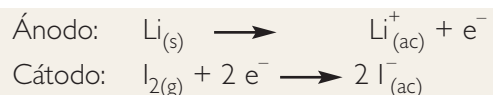
### Actividad 11

### Aplicar

Lee la siguiente información y, luego, responde por escrito.

Las baterías de litio-yodo son dispositivos que se utilizan en la fabricación de marcapasos; pesan menos de 30 g y generan un pulso eléctrico, que posibilita al paciente superar, por ejemplo, una arritmia cardiaca.

Las semirreacciones redox que produce la corriente eléctrica en el marcapasos son:



1. Identifica cuál es la semirreacción de oxidación y cuál la de reducción.
2. Plantea la ecuación para la reacción global.



Batería de litio-yodo

#### Ficha técnica: litio (Li)

Número atómico	3
Masa atómica (g mol <sup>-1</sup> )	6,941
Configuración electrónica	1s <sup>2</sup> 2s <sup>1</sup>
Punto de fusión (°C)	180
Punto de ebullición (°C)	1342
Densidad (g cm <sup>-3</sup> )	0,535
Calor específico (J g <sup>-1</sup> °C <sup>-1</sup> )	3,57
Conductividad eléctrica (MS m <sup>-1</sup> )	11
Conductividad térmica (W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	85

Fuente: Handbook of Chemistry and Physics. 84<sup>th</sup> edition (2003-2004).

El **litio (Li)** es un metal alcalino, blando, maleable y el más ligero y reactivo de todos los metales. Tiene la propiedad de transferir electrones a otras especies.

Este metal no se encuentra en la naturaleza en estado libre, sino formando compuestos oxidados.

El litio es escaso y Chile cuenta con importantes reservas, como en el salar de Atacama (Segunda Región de Antofagasta). Las reservas chilenas de litio se estiman en un 11,7% del total mundial y nuestro país se sitúa como el primer productor.

El litio metálico se obtiene por electrólisis del cloruro de litio (LiCl). Se utiliza un cátodo de acero y ánodo de grafito. Las reacciones redox involucradas son las que se señalan en la *Actividad 11*.

#### Conexión con... Medicina

El desorden bipolar es un subtipo de depresión, que se caracteriza por los repentinos cambios en la personalidad de la persona. Frecuentemente es un problema heredado y se relaciona con una falta de estabilidad en la transmisión de impulsos nerviosos en el cerebro. Este problema bioquímico produce en las personas que lo padecen disturbios bipolares, volviéndolas más vulnerables a la tensión emocional y física. El carbonato de litio es utilizado como un estabilizador del ánimo, logrando mejorías notables en las personas que lo consumen.

Averigua acerca de los efectos secundarios que tiene para el organismo el consumo de carbonato de litio y explica su mecanismo de acción en el sistema nervioso.

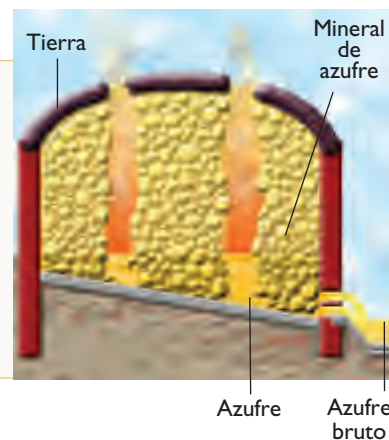


## 2. El azufre

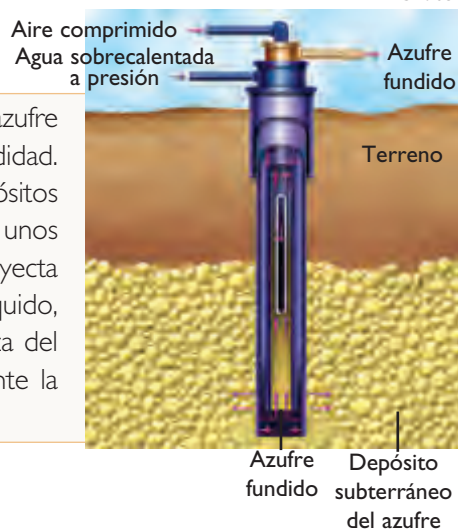
El **azufre (S)** es un mineral no metálico que, en estado nativo, se encuentra en depósitos de origen volcánico, y formando minerales, como: sulfuros metálicos, por ejemplo, la pirita de cobre ( $\text{CuFeS}_2$ ), y sulfatos, como el yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ). Algunas aplicaciones del azufre en la industria química son: la vulcanización del caucho, la fabricación de papel, la síntesis de colorantes y ácido sulfúrico y en el tratamiento de algunas afecciones a la piel.

Existen dos métodos utilizados para obtener azufre: el **método Calcaroni** y el **método Frasch**.

**Método Calcaroni.** Se realiza cuando el depósito mineral se encuentra en la superficie. El azufre se separa del yeso y del resto de la roca. Se calienta hasta que ocurre la fusión. Como el piso del horno es inclinado, el azufre líquido fluye y se recoge en moldes de madera, donde se solidifica, obteniéndose el llamado "azufre de cañón". Existe una porción de vapores de azufre que, al chocar con las paredes frías de la parte superior del horno, pasan directamente al estado sólido. Esta fracción es de gran pureza y se denomina "flor de azufre".



**Método Frasch.** Este método se emplea en la extracción de azufre desde los yacimientos que se encuentran a unos 150 m de profundidad. Se trata de colocar tres tubos concéntricos hasta alcanzar los depósitos subterráneos. Por el tubo externo se inyecta agua a presión, a unos  $120\text{ }^\circ\text{C}$ , lo que hace que el azufre se funda. Por el tubo central se inyecta aire comprimido, el cual ejerce presión sobre el azufre líquido, permitiendo que suba a la superficie por el tercer tubo. La pureza del azufre obtenido es buena; sin embargo, puede mejorarse mediante la destilación en atmósfera del dióxido de carbono.



### Reflexionemos

Lee y analiza la siguiente información. Luego, responde.

La lluvia ácida es producida por un aumento de la acidez del agua de lluvia. Esta disminución en el pH se produce por un incremento de las emisiones gaseosas provenientes, principalmente, de las industrias y de los vehículos motorizados. Gases como los óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno se acumulan en el aire en grandes cantidades y, al combinarse con la humedad atmosférica, forman ácido sulfúrico y ácido nítrico que precipitan junto a la lluvia.

1. ¿Qué efectos crees que tiene la lluvia ácida para la agricultura? Explica.
2. ¿Quiénes son los principales responsables de este tipo de contaminación?, ¿por qué?
3. ¿Qué medidas propondrías para disminuir el aumento de la acidez del agua lluvia? Señala tres.

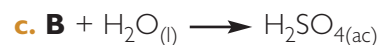
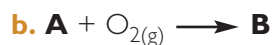
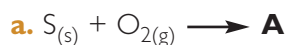
## 2.1. El ácido sulfúrico

El **ácido sulfúrico** ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) es el producto químico de mayor consumo en el mundo y el ácido inorgánico de menor costo de producción. Se utiliza en la elaboración de fertilizantes, en la refinación del petróleo, en la metalurgia del cobre, hierro y manganeso, y en la fabricación de pigmentos, entre otros. El proceso de producción empleado en la actualidad es el **método de contacto**, el que se señala en la *Actividad 12*.

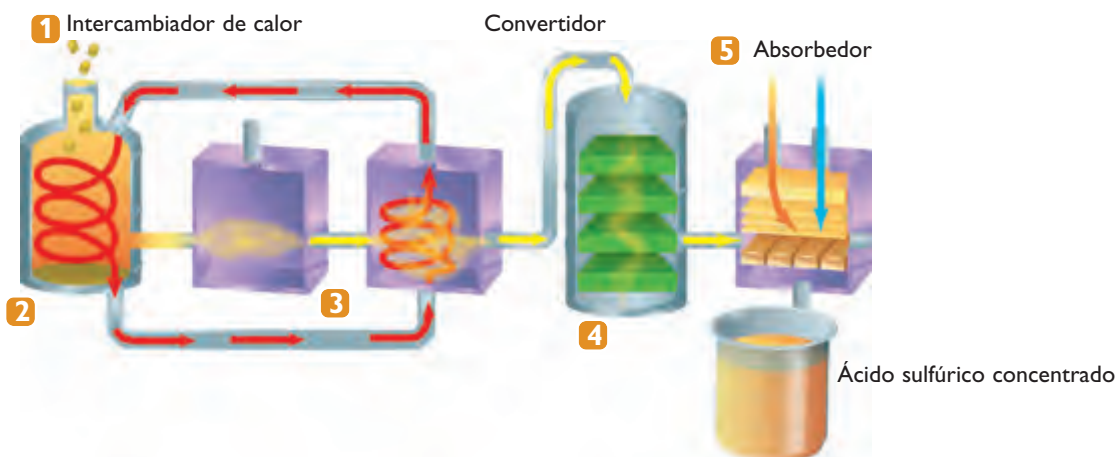
### Actividad 12

### Interpretar

1. Observa y completa las reacciones químicas que intervienen en la formación de ácido sulfúrico a partir de azufre sólido en presencia de oxígeno.



2. Relaciona las ecuaciones anteriores con las etapas del proceso de producción del ácido sulfúrico que aparece a continuación. Escribe cada ecuación donde corresponda.



- 1 Materia prima: azufre, agua y aire.
- 2 Los minerales de azufre se funden.
- 3 Se hace pasar un chorro de aire seco por el horno para obtener dióxido de azufre \_\_\_\_\_.
- 4 El dióxido de azufre se convierte en trióxido de azufre en presencia de oxígeno y de un catalizador de vanadio ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) \_\_\_\_\_.
- 5 El trióxido de azufre se disuelve en agua para obtener el ácido sulfúrico \_\_\_\_\_.

La formación del ácido sulfúrico es un proceso exotérmico, capaz de liberar  $535 \text{ kcal mol}^{-1}$  de ácido producido. Las industrias aprovechan este calor para provocar otros procesos e, incluso, para producir electricidad. En las fundiciones de cobre, el  $\text{SO}_2$  producido se recoge y se transforma en ácido sulfúrico.

### 3. El salitre

#### Actividad 13

#### Analizar

Lee y analiza la siguiente información. Luego, responde las preguntas en tu cuaderno.

En un laboratorio se preparó una solución al 50% m/v de nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) y otra al 40% m/v de cloruro de potasio (KCl). Luego, en un vaso de precipitado se mezcló en caliente (a  $50\text{ }^\circ\text{C}$ ) cantidades iguales de ambas soluciones. Una vez formado el precipitado, se filtró la solución.

1. ¿Por qué se calentó la mezcla?, ¿cuál es la función?
2. ¿Qué productos crees que se obtienen de esta mezcla?, ¿qué aplicaciones se les podrían dar a los productos obtenidos en este proceso?
3. Plantea la ecuación para este proceso.

El **salitre** es un mineral constituido principalmente por nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ). Se deposita en forma de agujas o polvo blanquecino en zonas húmedas y saladas. En los yacimientos aparecen naturalmente tres nitratos diferentes: el **nitrato de potasio** ( $\text{KNO}_3$ ), el **nitrato de sodio** ( $\text{NaNO}_3$ ) y el **nitrato de calcio** ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ); el nitrato de Chile es una mezcla de los dos primeros. Los yacimientos de salitre más importantes se localizan en la Segunda Región de Antofagasta, en el desierto de Atacama. Estos representan aproximadamente el 4% del valor total de la producción minera del país.

La producción de salitre tuvo su auge a fines del siglo XIX. Alrededor de 1880 y 1920, el salitre fue el principal producto minero de nuestro país, lo que convirtió a Chile en el único exportador de salitre a nivel mundial, generando así una prosperidad sin precedentes para la economía chilena.

A fines de 1930, tras una serie de crisis motivadas por acontecimientos externos, como la Primera Guerra Mundial y la invención del salitre sintético en Europa, se produjo un descenso en la demanda del salitre, declinando las exportaciones de este mineral en más de 90%, por lo que muchas personas quedaron cesantes. El gobierno intentó fomentar la demanda del nitrato; sin embargo, muchas oficinas salitreras cerraron sus puertas, obligando a la población a emigrar a las ciudades más cercanas.



En las oficinas salitreras, el sistema de pago de los trabajadores era a base de fichas. Estas eran confeccionadas de metal, caucho o cuero y podían ser utilizadas por el obrero en una pulpería, que era el único almacén de la oficina y que era propiedad de los empresarios.

#### Inter@ctividad

Ingresa a la página web: [www.educaciónmedia.cl/web](http://www.educaciónmedia.cl/web) y escribe el código 11Q4181. En ella encontrarás información sobre la oficina salitrera Humberstone. Elabora una breve presentación y exponla a tus compañeros y compañeras. Puedes visitar otros sitios webs para ampliar y profundizar la información.

## DESARROLLO DE CONTENIDOS

## 3.1. Extracción de salitre



Los laboratorios de las oficinas salitreras de principios del siglo XX revolucionaron el norte del país. Los ingenieros Pedro Gamboni y Santiago Humberstone figuran como las dos personalidades que contribuyeron con innovadores procesos para la explotación del salitre. El mineral de donde se extrae el salitre, llamado **caliche**, es una mezcla formada por varias sales, como sulfatos, yodatos y nitratos. El caliche se encuentra bajo una capa de varios centímetros, compuesta por arcilla y sales. Al remover el material, se obtiene una mezcla en la que el caliche está en menor proporción.

El salitre, también llamado oro blanco, se obtiene por un tratamiento bastante simple: primero se muele el caliche y es reducido a trozos más pequeños; luego, se somete a un proceso de lixiviación en agua caliente. A esta etapa le sigue la cristalización, donde el salitre cristaliza por enfriamiento, separándose de la solución. También se obtienen yodo y sulfato, nitrato de potasio y sulfato de sodio.

A la izquierda se muestra un esquema simplificado del proceso de producción del salitre y otros minerales no metálicos.

**Reflexionemos**

Lee y comenta la siguiente información con tus compañeros y compañeras.

Durante el período de explotación del salitre, las oficinas salitreras fueron asentamientos donde se concentró gran cantidad de capital y trabajo. La organización de los campamentos estaba definida por una separación social.

Los residentes, como algunos dueños de las salitreras, patrones y encargados más importantes, en gran medida técnicos, ingenieros o químicos extranjeros, vivían en las mejores habitaciones, las que tenían comodidades como calefacción y baño. La realidad del “calichero” era muy distinta: sus ranchos estaban contruidos con materiales ligeros, que no los protegían de las inclemencias del frío ni del calor del desierto. Además, albergaban un gran número de personas en deplorables condiciones de higiene, ya que el acceso al agua y baños era reducido.



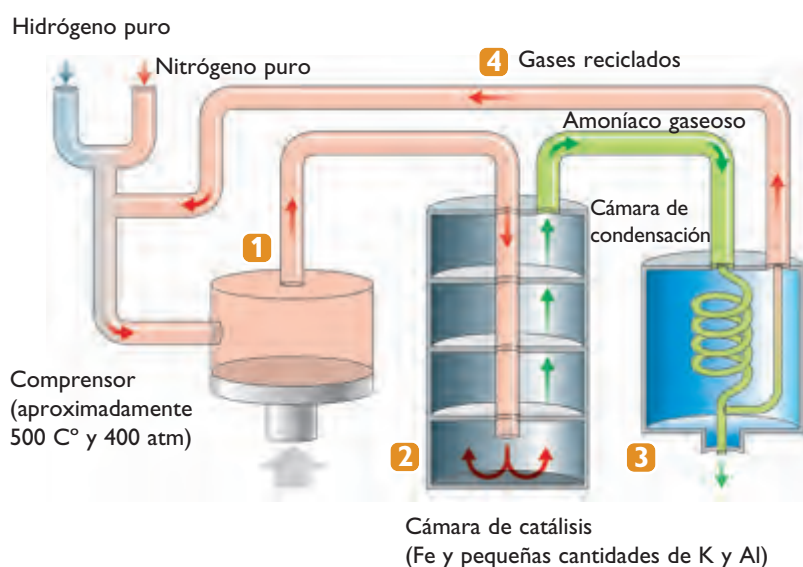
1. ¿Qué opinas sobre las diferencias sociales que existieron en las salitreras del norte de nuestro país? Explica.
2. ¿Cómo crees que son las condiciones en la actualidad en las mineras de nuestro país?, ¿en qué se parecen y diferencian de las oficinas salitreras del siglo XX?
3. Si estuvieras a cargo de una minera, ¿qué medidas propondrías para evitar la discriminación entre los trabajadores?

## 3.2. Salitre sintético

## Actividad 14

## Interpretar

Observa la siguiente imagen que representa el proceso de obtención de amoníaco a partir del **método Haber**. Luego, responde las preguntas.

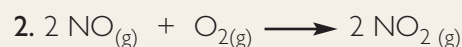


- 1 La reacción se produce a altas temperaturas y presiones. A medida que avanza la reacción, el número de moles de gas disminuye (de 4 a 2), por lo que se debe aumentar la presión para desplazar el equilibrio hacia los productos.
- 2 La reacción se realiza en presencia de un catalizador.
- 3 El amoníaco se obtiene en estado líquido.
- 4 Los gases  $N_2$  y  $H_2$  que no reaccionan se reciclan.

1. ¿Qué gases intervienen en la formación del amoníaco?
2. ¿Por qué la reacción se debe llevar a cabo a altas presiones y temperaturas?
3. ¿Cuál es la finalidad de utilizar un catalizador? Explica.
4. ¿Qué crees que debe ocurrir para que el amoníaco obtenido en estado gaseoso pase a estado líquido?

El **amoníaco** ( $NH_3$ ) se origina a partir de la reacción entre el hidrógeno y el nitrógeno gaseosos. Este compuesto es utilizado como reactivo en la síntesis de nitrato de sodio (salitre sintético) y en etapas intermedias de proceso ocurre la formación de ácido nítrico.

La siguiente secuencia de ecuaciones representa la formación de salitre sintético.



Los nitratos son utilizados en la agricultura como fertilizantes, y en la industria farmacéutica. También se emplean en la fabricación de explosivos.



## 4. El yodo

### Actividad 15

### Experimental

- Reúnanse en grupos de tres o cuatro integrantes y realicen la siguiente actividad.
  - Consigan los siguientes materiales: cristales de yodo ( $I_2$ ), vidrio de reloj, dos vasos de precipitado, cubos de hielo y agua caliente. (Precaución: el yodo es un elemento altamente oxidante; puede ocasionar quemaduras).
  - Coloquen en un vaso de precipitado cristales de yodo y tapen la boca del vaso con un vidrio de reloj invertido. Déjenlo algunos minutos, observen y registren lo que sucede.
  - Tomen el otro vaso de precipitado y repitan el procedimiento anterior, pero esta vez coloquen hielo en la parte superior del vidrio de reloj y, luego, pongan la base del vaso de precipitado en un baño de agua caliente durante algunos minutos. Observen y registren lo que ven.
  - Tomen con una espátula algunos cristales de yodo y agréguele agua; ¿qué sucede? Anótenlo.
- Lean y respondan las siguientes preguntas.
  - ¿De qué coloración son los vapores que emergen de los vasos de precipitado?
  - ¿Cuáles son los cambios físicos involucrados en la actividad?
  - Al agregar agua a los cristales de yodo, ¿hubo disolución?, ¿por qué?
  - ¿Servirán estos métodos para purificar el yodo? Expliquen.

#### Precaución

Eviten aspirar los vapores del yodo y el contacto de este elemento con la piel y la ropa.

#### Ficha técnica: yodo (I)

Número atómico	53
Masa atómica ( $g\ mol^{-1}$ )	126,9
Configuración electrónica	$[Kr] 4d^{10}5s^55p^5$
Punto de fusión ( $^{\circ}C$ )	113
Punto de ebullición ( $^{\circ}C$ )	185
Densidad ( $g\ cm^{-3}$ )	4,94
Calor específico ( $J\ g^{-1}\ ^{\circ}C^{-1}$ )	0,214
Conductividad eléctrica ( $MS\ m^{-1}$ )	$1 \cdot 10^{-13}$
Conductividad térmica ( $W\ m^{-1}\ k^{-1}$ )	0,449

Fuente: Handbook of Chemistry and Physics. 84<sup>th</sup> edition (2003-2004).

El **yodo (I)** es un elemento químico que se encuentra escasamente en la naturaleza. Lo podemos encontrar en el agua de mar en forma de **yoduros**, principalmente como yoduro de sodio (NaI), el que es asimilado por las algas. Entre sus propiedades están: solubilidad en solventes apolares (benceno), originando soluciones de coloración violeta; en alcohol y escasamente en agua, dando lugar a una solución de color marrón. A temperatura ambiente, el yodo cristaliza (coloración violeta metálico) y al calentarlo, sublima (vapores de color violeta), como pudiste evidenciar en la *Actividad 15*.

El yodo también se encuentra en yacimientos mineros; se extrae como subproducto de la purificación del salitre, en el que se encuentra en forma de **yodato de sodio (NaIO<sub>3</sub>)**. En los yacimientos chilenos, el yodato de sodio está presente en 0,2% del salitre que se extrae. Cuando el salitre se purifica por cristalización, el filtrado contiene el yodato de sodio (NaIO<sub>3</sub>), que se mezcla y calienta con bisulfito de sodio (NaHSO<sub>3</sub>). En este proceso precipita el yodo en forma sólida, luego se lava, prensa, seca y purifica por sublimación.

Tabla N° 11: Comparación anual de la producción de yodo.

	2005	2006	2007	2008
Yodo (toneladas)	15 346	16 494	15 473	15 503

Fuente: Compendio de la minería chilena 2009.

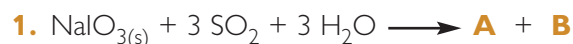


## 4.1. Obtención de yodo

### Actividad 16

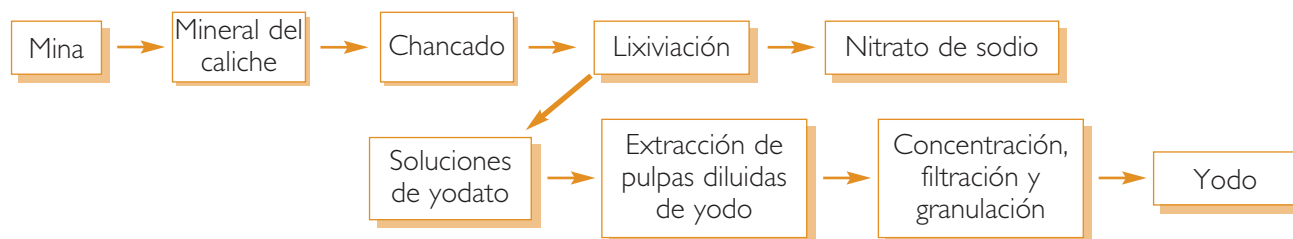
### Aplicar

En nuestro país, la técnica utilizada para la recuperación del yodo ( $I_2$ ) se basa en reacciones de óxido-reducción. Las siguientes ecuaciones representan las reacciones involucradas en el proceso de obtención del yodo. Complétalas y balancéalas.



Como ya estudiaste en la página anterior, el yodo se encuentra en la naturaleza principalmente, en forma de yodato. La **lautarita** ( $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ ) y la **dietzeita** ( $7 \text{Ca}(\text{IO}_3)_2 \cdot 8 \text{CaCrO}_4$ ) son los principales minerales de yodo.

El siguiente esquema ilustra el **proceso de producción de yodo**.



## 4.2. Funciones del yodo

### Como nutriente

El yodo interviene en el normal funcionamiento de la tiroides, glándula secretora de tiroxina, hormona responsable, entre otras cosas, de la regulación del crecimiento, por lo que es fundamental incluir en nuestra dieta alimentos que contengan yodo. Este mineral se encuentra presente en alimentos como lentejas, espinacas, acelgas y cochayuyo.



### Como desinfectante

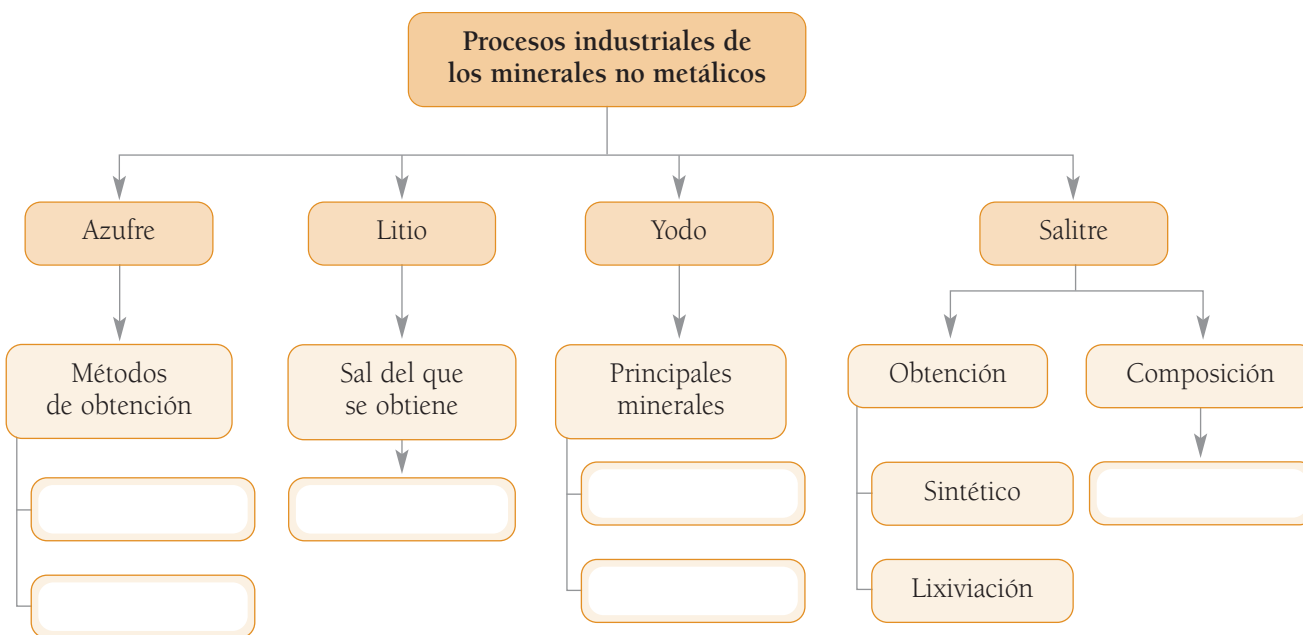
El yodo y sus componentes tienen gran aplicación en medicina; por ejemplo, la tintura de yodo es muy usada para la desinfección de heridas; los fármacos son eficaces para combatir la amebiasis (infección intestinal); se utiliza también en la fabricación de colorantes derivados del alquitrán y en la elaboración de reveladores para las películas fotográficas.



## SÍNTESIS - EVALUACIÓN DE PROCESO

## Síntesis del Tema 3

Lee y completa el siguiente esquema que resume los principales conceptos tratados en el Tema 3.



## Evaluación de proceso

**I** Lee las siguientes preguntas y selecciona la alternativa correcta (2 puntos cada una).

- ¿Cuál de los siguientes minerales se utiliza en la vulcanización del caucho?
  - Litio.
  - Azufre.
  - Yodo.
  - Salitre.
  - Caliza.
- Una sustancia se calienta a la llama y se produce sublimación, generándose un gas color violeta. ¿A qué sustancia corresponde?
  - Yodo.
  - Hierro.
  - Potasio.
  - Azufre.
  - Mercurio.
- ¿Qué subproductos se extraen del caliche?
 

I. Cloruro de sodio.	III. Sulfato de calcio.
II. Nitrato de sodio.	IV. Yodo.

  - Solo I
  - Solo III
  - Solo I y II
  - Solo II y IV
  - Solo I, II y IV
- ¿Cuál es el producto químico de mayor consumo en el mundo?
  - Salitre.
  - Carbonato de salitre.
  - Ácido sulfúrico.
  - Yoduro de sodio.
  - Cloruro de sodio.

## II Lee y responde las siguientes preguntas.

1. El amoníaco gaseoso disuelto en agua ( $\text{NH}_3(\text{ac})$ ) es un producto industrial de gran importancia. Se usa como materia prima de fertilizantes y, en forma doméstica, como agente de limpieza de cerámicas y vidrios. Esta sustancia se puede sintetizar en el laboratorio calentando una mezcla de hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}(\text{s})$ ) y cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$ ), tal como lo representa la siguiente imagen.



- a. Observa el esquema y describe lo que sucede en el matraz de erlenmeyer, en el tubo que conecta el tubo de ensayo con el matraz y, en el tubo de ensayo.
- b. La ecuación para esta reacción es:  

$$\text{NaOH}(\text{s}) + \text{NH}_4\text{Cl}(\text{s}) \longrightarrow \text{NH}_3(\text{g}) + \text{NaCl}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$$
 Calcula el rendimiento teórico del amoníaco, a partir de 100 g de NaOH.
- c. El método descrito para sintetizar amoníaco ¿es el apropiado para sintetizarlo en la industria? Fundamenta tu respuesta.
- d. ¿Cuáles son los usos que se le dan al amoníaco? Señala tres. (2 puntos cada una).

2. La siguiente tabla muestra la solubilidad del carbonato de litio ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ) a diferentes temperaturas. Al respecto, responde las preguntas que se señalan (2 puntos cada una).

Temperatura (°C)	Solubilidad en el agua (25 °C)
10	1,43
20	1,33
30	1,25
40	1,17
50	1,08

- a. Construye una curva de la solubilidad del carbonato de litio.
- b. Determina cuántos gramos de soluto se necesitan para preparar una de solución saturada de carbonato de litio a 45 °C a partir de 200 g de solvente.
- c. Si se enfrían 250 g de solución saturada desde los 60 °C a 10 °C, ¿precipita el soluto?, ¿por qué?

Fuente: Handbook of Chemistry and Physics. 84<sup>th</sup> edition (2003-2004).

## Me evalúo

Completa la tabla. Para estimar tu puntaje, sigue las indicaciones que te señalará tu profesor o profesora.

Debería	Ítem (preguntas)	Puntaje		¿Qué debo hacer?
		Total	Obtenido	
• Identificar los principales minerales no metálicos que se explotan en Chile.	I (1, 2, 3 y 4)	8		Según los puntajes obtenidos, realiza las actividades que te indicará tu profesor o profesora.
• Reconocer y describir los procesos de obtención de algunos minerales no metálicos.	II (1: a, c y d) (2: a y c)	10		
• Escribir ecuaciones balanceadas para las reacciones de obtención de minerales no metálicos.	Ítem II (1. b) (2. b)	4		

## Actividad exploratoria

## Propiedades de los materiales

## A. Antecedentes

Los materiales poseen distintas propiedades físicas, como lo son la conductividad eléctrica y térmica, la dureza, la flexibilidad y la resistencia al calor. Estas propiedades permiten establecer los usos y aplicaciones que se les dan a los materiales.

## B. Diseño experimental

Reúnanse en parejas y consigan los siguientes materiales. Luego, realicen el montaje que se describe.

**Materiales:**

- mechero de alcohol
- trozo de cerámica o plato
- dos trozos de cable
- ampolleta de 3 volts
- batería de 9 volts
- pinzas de madera
- vidrio reloj
- cuchara

**Procedimiento:****Paso I: conducción del calor**

1. Tomen con las pinzas el trozo de cerámica y expongan un extremo del cerámico durante dos minutos a la llama del mechero.
2. Retiren la cerámica de la llama del mechero y déjenla sobre el mesón. Con mucho cuidado, toquen el extremo opuesto al que expusieron a la llama. Anoten en sus cuadernos lo que percibieron respecto de la conducción calórica en este material.
3. Repitan los pasos 1 y 2, pero esta vez utilizando el vidrio de reloj y la cuchara.

**Paso II: conducción de la electricidad**

1. Tomen ambos cables y unan uno de ellos a la batería y el otro a la ampolleta, tal y como muestra la fotografía. Comprueben que la ampolleta encienda.
2. Prueben la conductividad eléctrica del trozo de cerámica, del vidrio de reloj y de la cuchara. Para ello, pongan estos materiales entre ambos cables. Registren en sus cuadernos lo observado.

## C. Análisis y conclusiones

- a. ¿Cuál de los tres materiales fue un mejor conductor de calor?, ¿a qué lo atribuyen?
- b. ¿Cuál de los tres materiales fue un mejor conductor eléctrico?, ¿a qué se debe esto?
- c. Propongan un procedimiento que les permita comprobar otras propiedades, por ejemplo, resistencia a la deformación, a la corrosión o erosión. Pueden proponer otros materiales; si lo estiman necesario.
- d. Indaguen acerca de las propiedades de dureza y resistencia al calor que presentan los tres materiales estudiados.



## 1. Las cerámicas

Las **cerámicas** son materiales sólidos no metálicos e inorgánicos, constituidos por elementos metálicos, como calcio, magnesio y aluminio, y otros no metálicos, tales como el oxígeno, carbón y nitrógeno. Estos elementos están unidos principalmente por enlaces iónicos y/o covalentes. Las materias primas utilizadas en la fabricación de este material son la **arcilla** y el **caolín**.

Los **materiales cerámicos** son duros, frágiles y quebradizos, difíciles de transformar. Presentan gran resistencia a la penetración y a la deformación de su superficie. Son resistentes al fuego y a las altas temperaturas, a la degradación física (erosión) o química (corrosión), como analizaste en la *Actividad exploratoria*, aíslan muy bien el calor y la electricidad. Pueden ser cristalinos o no cristalinos, presentando altas temperaturas de fusión, entre 1600 y 4000 °C. Dentro de este grupo de materiales se encuentran: el ladrillo, el vidrio y la porcelana.

El proceso de fabricación de un producto cerámico tiene distintas etapas; estas son:

1. **Amasado.** La materia prima, arcilla o caolín, se mezcla con aditivos (sustancias que mejoran sus propiedades) y se amasan con agua.
2. **Conformado.** Con ayuda de un torno u otra técnica, se le da forma.
3. **Secado.** Con el propósito de que la mezcla pierda agua, se deja a temperatura ambiente.
4. **Primera cocción.** Se cuece en un horno a temperaturas cercanas a los 1000 °C.
5. **Revestimiento.** Una vez cocido, se recubre con barniz o esmalte.
6. **Segunda cocción.** Se introduce en el horno para vitrificarlo.
7. **Acabado.** Es el paso final, y consiste en decorar el material. Si se desea, se puede introducir nuevamente en el horno.



La aparición de la cerámica se remonta hacia miles de años atrás, en el período llamado Neolítico, cuando nuestros antepasados se hicieron sedentarios y comenzaron a cultivar la tierra. Sin embargo, la porcelana fue inventada por los chinos hacia el año 700 de nuestra era y el desarrollo de grandes talleres de ceramistas no se produjo hasta el siglo XVIII.

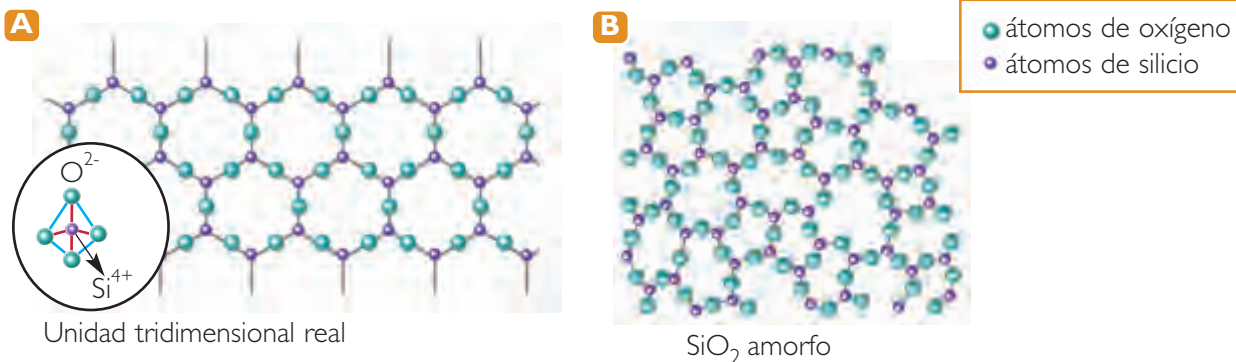
## 2. El vidrio

### Actividad 17

### Analizar

Lee y analiza la siguiente información sobre los cristales de silicio. Luego, responde.

El dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) se puede encontrar en forma cristalina (figura A) y amorfa (figura B). Las estructuras de los sólidos cristalinos son en realidad tridimensionales y se caracterizan por presentar una celda unitaria repetitiva; tal es el caso de la sílice.



1. ¿Qué cantidad de átomos de silicio están presentes en una celda unitaria?
2. ¿Por qué los sólidos amorfos no están constituidos por celdas unitarias? Explica.
3. ¿A cuál de estos dos tipos de sólidos crees que corresponde el vidrio?, ¿por qué?
4. Enumera cuatro usos cotidianos del vidrio.



El vidrio, durante siglos, se ha utilizado en la fabricación de diferentes utensilios.

El **vidrio** es un material sólido inorgánico, rígido, frágil, transparente y amorfo. Las materias primas utilizadas en la fabricación del vidrio son los **silicatos** y **carbonatos**, contenidos en la arena y en las rocas, respectivamente. Por sus características, el vidrio es utilizado para fabricar vasos, espejos, botellas e instrumentos ópticos, entre otros.

Los silicatos constituyen el 95% de los minerales existentes en la corteza terrestre. Principalmente, están compuestos por silicio y oxígeno y, en una menor proporción por aluminio, calcio, hierro y magnesio. Chile cuenta con recursos silíceos desde la Segunda Región de Antofagasta a la Octava Región del Biobío; el aporte más significativo está dado por la Quinta Región de Valparaíso, cuya producción representa el 45% del total nacional.

Los primeros indicios en la fabricación de vidrio se remontan al antiguo Egipto y Mesopotamia, unos 2500 años a. C. Sin embargo, su fabricación a gran escala comenzó hace 2000 años, en Roma y Grecia, a través de la técnica del vidrio soplado, la cual se difundió a todo Occidente y fue utilizada hasta la era moderna. Luego, con la caída del Imperio Romano, el vidrio pasó al olvido y no fue sino hasta el año 1000 que volvió a resurgir su fabricación; aparecieron vidrios muy famosos, como el de Murano (Italia, siglo XIII) y Bohemia (República Checa, siglo XV). La producción a nivel industrial de este material comenzó recién en el siglo XIX.



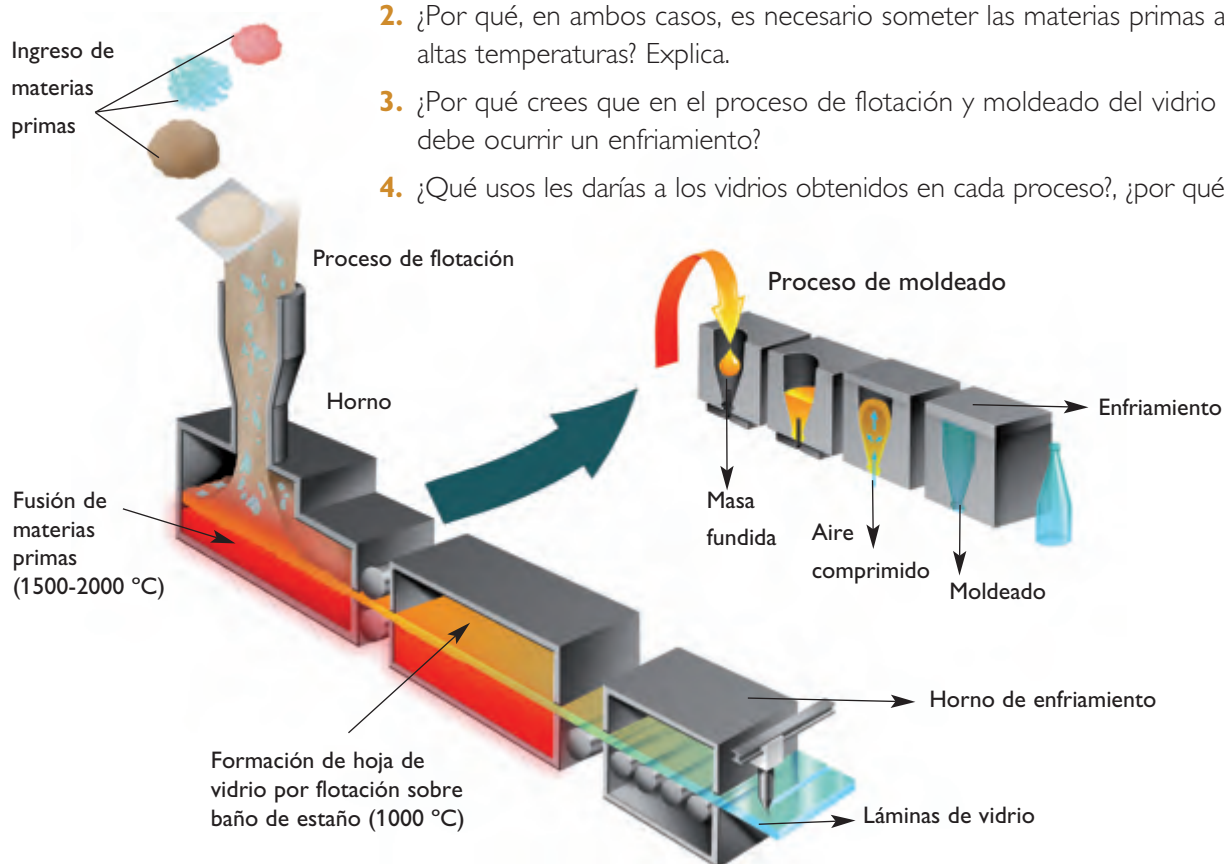
## 2.1. Industria del vidrio

### Actividad 18

### Interpretar y comparar

Observa las imágenes que representan dos procesos de obtención del vidrio. Luego, responde las preguntas.

1. ¿Qué tienen en común los procesos de flotación y de moldeado del vidrio?, ¿en qué se diferencian?
2. ¿Por qué, en ambos casos, es necesario someter las materias primas a altas temperaturas? Explica.
3. ¿Por qué crees que en el proceso de flotación y moldeado del vidrio debe ocurrir un enfriamiento?
4. ¿Qué usos les darías a los vidrios obtenidos en cada proceso?, ¿por qué?



Como ya mencionamos, el vidrio está constituido por una mezcla de silicatos de sodio y calcio, compuestos por tres cuartas partes de sílice y el resto por óxidos que se le agregan para determinadas propiedades. Por ejemplo, el cristal contiene óxidos de plomo que le otorgan un alto índice de refracción; el vidrio de borosilicato (conocido comercialmente como duran o pírex) contiene óxidos de boro y aluminio que lo hacen muy resistente a los golpes y a los cambios de temperatura.




Los componentes que dan origen al vidrio se funden a unos 1400 °C y, posteriormente, se dejan enfriar a temperatura ambiente. La calidad del vidrio varía según la velocidad de enfriamiento: enfriamientos muy rápidos dan a lugar a un material muy quebradizo; en tanto, si es demasiado lento, lo vuelve opaco.

## DESARROLLO DE CONTENIDOS

## 2.2. Clasificación de los vidrios

Los vidrios se pueden clasificar de acuerdo con su composición química y según el método empleado en su fabricación.

## A. Clasificación del vidrio según su composición química

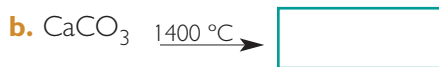
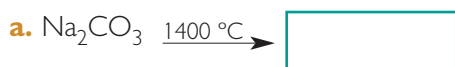
	Composición química	Usos
	<b>Vidrio de cuarzo</b>	El óxido de silicio o sílice se presenta en la naturaleza en más de veinte fases distintas; la fase más estable a temperatura ambiente corresponde al cuarzo. Al someter al cuarzo a temperaturas cercanas a los 1700 °C, se obtiene un líquido incoloro y muy viscoso que se enfría con relativa rapidez, y se convierte en una sustancia de naturaleza vítrea.
	<b>Vidrio de plomo</b>	La combinación de silicato de potasio con óxido de plomo da origen a un vidrio fino, empleado en la fabricación de cristalerías de mesa. El vidrio de plomo se caracteriza por ser más pesado que los demás; posee un alto índice de refracción, lo que lo convierte en un óptimo material para la fabricación de lentes o prismas. El plomo absorbe las radiaciones ionizantes, por lo que también se utiliza en las instalaciones nucleares.
	<b>Vidrio de borosilicatos</b>	Este tipo de vidrio está constituido por óxidos de boro y aluminio, elementos que le otorgan gran resistencia a los golpes y a los cambios de temperatura. Se utiliza en la fabricación de utensilios de cocina y aparatos de laboratorio. El duran y pírex (marcas comerciales de este tipo de vidrio), difieren en su composición, pero sus propiedades son prácticamente las mismas.

## Actividad 19

## Aplicar y comparar


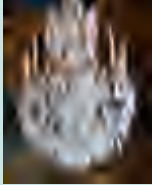



1. Lee la siguiente información. Luego, completa y balancea las ecuaciones relacionadas con la descomposición térmica del carbonato de sodio y calcio.

El vidrio de soda-cal (vidrio común) está constituido por carbonatos de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), además de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), presente en la arena. A altas temperaturas, los carbonatos se descomponen, originándose de este modo dióxido de carbono, y sus óxidos de calcio y sodio correspondientes.



2. Compara las propiedades y usos de los distintos tipos de vidrio. Construye un cuadro comparativo.

**B. Clasificación del vidrio según su método de fabricación**

Tipo de vidrio	Características de su fabricación	Usos
<b>Vidrio prensado</b> 	Para su fabricación se utilizan moldes metálicos y presión (prensado). La pieza de vidrio se forma al aplicar presión sobre el molde de fundición; el que tiene la forma del objeto. El molde se calienta para de este modo asegurar una superficie lisa.	Elaboración de vidrios con formas y objetos decorativos.
<b>Vidrio colado</b> 	Este proceso consiste en esparcir el vidrio fundido en moldes y dejarlo enfriar y solidificar.	Tiene variados usos: creación de láminas, utilizadas en las conocidas lámparas de lágrimas, y también para fabricar botellas.
<b>Vidrio laminado</b> 	Se obtiene al esparcir la mezcla de vidrio fundido sobre una superficie plana, entre dos rodillos, con el fin de pulir y eliminar posibles defectos de este material.	Fabricación de ventanas y parabrisas.
<b>Fibra de vidrio</b> 	Las fibras de vidrio se obtienen al estirar el vidrio fundido hasta alcanzar diámetros inferiores a una centésima de milímetro, los cuales se tejen como las fibras textiles.	Fabricación de piscinas, tablas de surf, lanchas y en telecomunicaciones. Es un excelente aislante térmico y acústico.
<b>Vidrio al crisol</b> 	El vidrio ya fundido se introduce en un crisol. Luego se comienza a soplar hasta formar una burbuja que será la base para la fabricación de una pieza determinada.	Fabricación de vidrios decorativos, artesanías y botellas.

**Rincón del debate**

Lee la siguiente información y, luego, comenta con tus compañeros y compañeras.

El vidrio es un material 100% reciclable. Su costo de obtención es bajo, ya que las materias primas se encuentran en abundancia en la naturaleza y son obtenidas mediante un proceso de extracción sencillo y poco contaminante. Es un material higiénico, limpio, puro, inerte e impermeable. Sin embargo, el proceso de extracción de arena, si no es realizado con el debido cuidado, puede generar contaminación y erosión.

- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la utilización del vidrio versus la del plástico? Fundamenten.

### Reflexionemos

#### Lee y comenta con tus compañeros y compañeras.

En la actualidad, el cemento, el ladrillo, el plástico, el vidrio y el acero son los principales materiales empleados en la industria inmobiliaria. La industria del cemento puede ocasionar graves problemas ambientales. Por ejemplo, la continua extracción de piedra caliza y otros materiales genera una gran erosión; el polvo proveniente de los residuos del horno en la formación del clínker puede contener metales pesados y otros contaminantes que, si son arrojados a las canteras de donde se extrajo la caliza o en algún relleno sanitario, pueden contaminar las aguas subterráneas. Además, durante la producción de cemento se genera un gran cantidad del  $\text{CO}_2$ . ¿Qué opinas sobre la gran cantidad de desechos eliminados por la industria de la construcción?, ¿qué efectos tiene para el medioambiente?, ¿cómo se podría evitar o reducir?



## 3. El cemento

Es probable que los primeros materiales para unir piedras en una construcción fueran la arcilla y el barro. Con el transcurso del tiempo, la composición fue mejorando desde el que usaban los romanos: una mezcla de cenizas volcánicas y cal ( $\text{CaO}$ ) hasta el **cemento** actual: una mezcla formada básicamente por rocas calcáreas y arcilla.

La cal se obtiene de la piedra caliza ( $\text{CaCO}_3$ ), cuyos depósitos se encuentran en toda la corteza terrestre. El carbonato de calcio se descompone a altas temperaturas en óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), según la siguiente ecuación:



En Chile, la producción de carbonato de calcio se ha mantenido más o menos constante dentro de los últimos 30 años. El aporte más significativo está dado por la Región Metropolitana, cuya producción representa el 32% del nivel nacional. Es procesado en las plantas Soprocar, en Melipilla, y Dominga, en San José de Maipo. Destaca, además, la extracción de calizas de Lo Valdés, Lo Prado, Lonquén y Cerro Blanco.

También, por efecto de las altas temperaturas y presiones, la caliza presente en los mantos freáticos (aguas subterráneas) de la corteza terrestre se puede recrystalizar, originando un nuevo tipo de rocas; el mármol, roca de tipo metamórfica.

#### Actividad 20

#### Seleccionar información y comparar

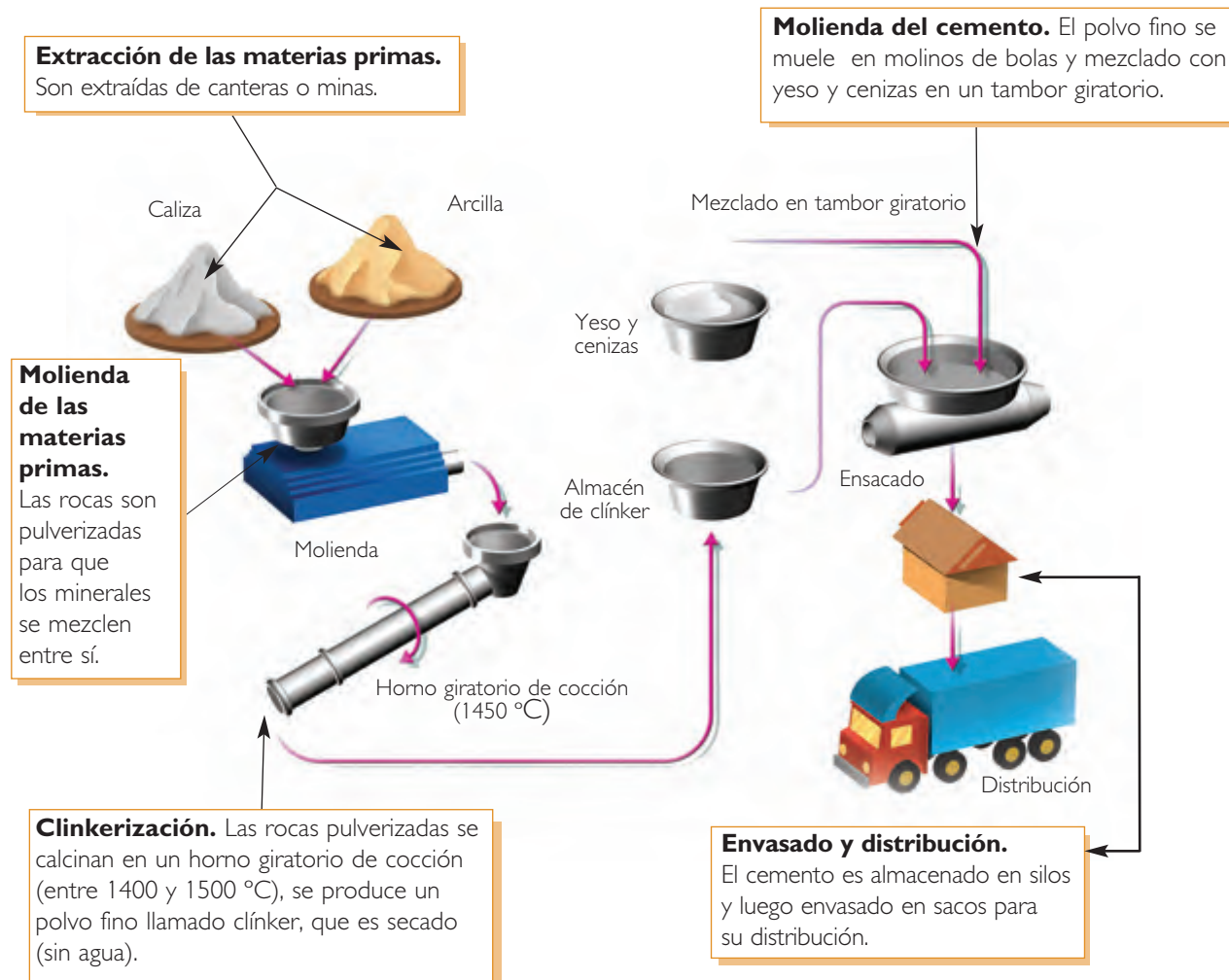
Lee y completa la siguiente tabla en tu cuaderno.

La piedra caliza es una roca sedimentaria rica en calcita; un mineral formado por carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) bien cristalizado. Averigua, en diversas fuentes, la forma cristalina, dureza y coloración que presentan los minerales carbonatos señalados en la tabla.

	Forma cristalina	Dureza	Coloración
Calcita			
Aragonito			
Vaterita			

### 3.1. Obtención del cemento Portland

La fabricación de cemento se lleva a cabo combinando cantidades determinadas de caliza ( $\text{CaCO}_3$ ) y arcilla, cuyos principales constituyentes son: la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), y los óxidos de hierro III ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Observa las imágenes que representan las etapas para la obtención del cemento.



#### Actividad 21

#### Interpretar

Observa la ilustración que representa el proceso de obtención del cemento y luego responde las siguientes preguntas.

1. ¿Cuáles son las materias primas empleadas en la fabricación del cemento?
2. Los procesos de calcinación y deshidratación son endotérmicos; ¿por qué el proceso de producción del clínker a partir del material obtenido del horno es exotérmica?
3. ¿Qué productos se forman en la clinkerización?
4. ¿Por qué es necesaria una segunda molienda? Explica.
5. ¿Cuál crees que es la finalidad de agregar yeso y cenizas al clínker? Explica.

## TALLER CIENTÍFICO

## Reacción de descomposición térmica del $\text{CaCO}_3$ : estimación de su balance termodinámico

### A. Observación

El óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ), también llamado cal viva, es una de las materias primas que se utilizan en la fabricación del cemento. Para su preparación debe ocurrir una descomposición de la piedra caliza ( $\text{CaCO}_3$ ), de acuerdo con la siguiente reacción:



### B. Planteamiento de problema e hipótesis

Si se quisiera optimizar el proceso de descomposición térmica del  $\text{CaCO}_3$ , a temperatura ambiente, ¿sería favorable el proceso desde un punto de vista energético? De no ser así, ¿cómo se podría optimizar el proceso de catálisis y, por ende, el de su descomposición?

Propón una hipótesis que permita responder las interrogantes planteadas.

### C. Procedimiento

Lee y analiza la información que se presenta en la tabla sobre las propiedades de algunos compuestos que se relacionan con la fabricación de cemento.

Tabla N° 12: Propiedades termodinámicas y físicas de algunos compuestos que intervienen en la fabricación del cemento.

Materias primas	$H_f^\circ$ ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )	$G^\circ$ ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )	$S^\circ$ ( $\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$ )	Punto de fusión ( $^\circ\text{C}$ )
$\text{CaCO}_{3(s)}$	-1207,1	-1127,8	92,9	1330
$\text{CaO}_{(s)}$	-635,6	-604,2	39,8	2898
$\text{CO}_{2(g)}$	-393,51	-394,35	213,785	-

Fuente: Handbook of Chemistry and Physics. 84<sup>th</sup> edition (2003-2004).

### D. Análisis y conclusiones

Lee y responde, por escrito, las siguientes preguntas.

1. Calcula  $H^\circ$ ,  $S^\circ$  y  $G^\circ$  para la reacción de descomposición térmica del  $\text{CaCO}_3$ .
2. A una temperatura de 298 K, ¿existirá suficiente energía útil disponible para realizar la descomposición del  $\text{CaCO}_3$ ? Explica.
3. ¿A qué temperatura la descomposición del  $\text{CaCO}_3$  se realiza de forma espontánea?
4. ¿Es factible aumentar la temperatura de la reacción por sobre el punto de fusión del  $\text{CaCO}_3$ ? ¿por qué?
5. Si la reacción estuviera en estado de equilibrio químico, ¿qué sucedería si:
  - a. se aumentara la temperatura de la reacción?
  - b. se incrementara la presión del sistema?
  - c. se disminuyera la concentración de  $\text{CO}_2$ ?



Lectura científica

## Hormigón translúcido: un nuevo material

La invención del hormigón translúcido podría cambiar de manera radical la imagen completa de las ciudades contemporáneas.

Te imaginas una ciudad llena de luces, donde las fachadas de los muros opacos de los edificios se transformarían en ligeras estructuras que permitirían el traspaso de la luz y el reflejo de sombras y siluetas. Todo esto ya no es un sueño, debido a una innovación que rompió con los esquemas rígidos existentes hasta ahora: se trata del hormigón translúcido, un novedoso material capaz de transmitir la luz a través de él gracias a fibras ópticas en su interior. Esto ha posibilitado cambiar radicalmente la percepción, la sensación y la calidad de un determinado espacio, logrando efectos realmente mágicos.

La historia del hormigón translúcido comenzó en 1999, cuando el arquitecto estadounidense Bill Price creó la primera muestra de este material a base de pedazos de vidrio y plástico translúcido. Desde ese entonces, muchos han tratado de fabricar un hormigón con estas características; sin embargo, la real invención se le atribuye a un joven arquitecto de origen húngaro llamado Áron Losonczy, quien utilizó fibras ópticas embutidas en su interior.

El efecto de este nuevo material no solo obedece a un carácter estético; la posibilidad de que existan muros translúcidos permite a la luz solar integrarse al espacio interior, lo que proporciona múltiples beneficios; el sol es una fuente de energía, de libertad e iluminación. Estos factores tienen una alta influencia sobre los seres humanos, ya sea de manera consciente o inconsciente por ejemplo, la presencia de luz natural aclara los espacios, descansa la vista, mejora el ánimo y beneficia la salud física y mental. Este último no es un factor menor. Tal vez por eso en los países cálidos, donde el sol ilumina casi todo el año, pareciera ser que el nivel anímico y energético de los habitantes que allí viven es mucho más alto que en los países nublados, en los cuales el sol casi nunca brilla.

Si pensamos en la enorme cantidad de construcciones factibles de realizar con este nuevo material, podemos deducir que la ciudad del futuro que emplee este nuevo material no solo tendrá un aspecto estético diferente, sino, además, se podrá aprovechar mejor la luz solar, reduciendo notablemente el consumo de electricidad y mejorando la calidad de vida de los habitantes.

**Fuente:** Florsheim, Shimrit. (2005). La noche de la ciudad translúcida. *Revista de Urbanismo*. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. N° 12. Chile: Universidad de Chile. (Adaptación).

### Trabaja con la información

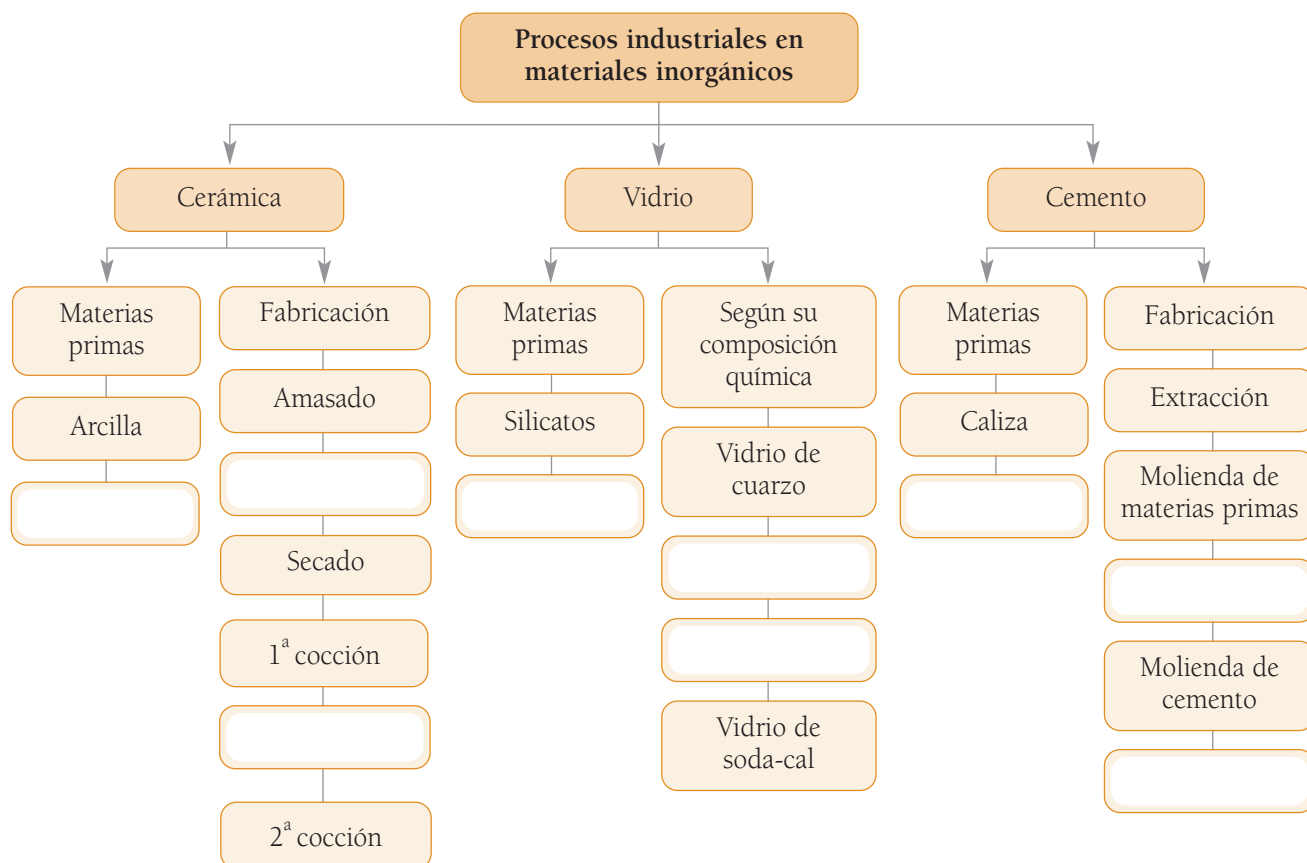
Lee y comenta las siguientes preguntas con tus compañeros y compañeras.

1. ¿Cuáles son las ventajas de utilizar este nuevo material? Explica.
2. ¿Por qué se piensa que esta innovación cambiará definitivamente la imagen de las ciudades contemporáneas?
3. ¿Crees que exista o conoces respecto de otro material que otorgue beneficios comparativos a los del hormigón translúcido?

## SÍNTESIS - EVALUACIÓN DE PROCESO

## Síntesis del Tema 4

Lee y completa el siguiente esquema que resume los principales conceptos tratados en el Tema 4.



## Evaluación de proceso

**I** Lee las siguientes preguntas y selecciona la alternativa correcta (2 puntos cada una).

1. Los materiales cerámicos se caracterizan por:
  - I. ser buenos conductores eléctricos.
  - II. ser aislantes térmicos y eléctricos.
  - III. presentar altos puntos de fusión.
  - IV. estar constituidos principalmente por sílice.
  - A. Solo I
  - B. Solo II
  - C. Solo II y IV
  - D. Solo I y III
  - E. Solo II y III
2. El carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) se utiliza en la fabricación de:
  - I. cerámica.
  - II. vidrio.
  - III. cemento.
  - IV. amoníaco.
  - A. Solo I
  - B. Solo II
  - C. Solo I y III
  - D. Solo II y III
  - E. Solo I y IV

3. Son materias primas del vidrio:
- caliche y azufre.
  - caliza y silicatos.
  - óxido de boro y plomo.
  - nitrate de sodio y calcio.
  - silicato de sodio y calcio.
4. ¿En qué consiste el proceso de clinkerización?
- En la calcinación de  $\text{CaCO}_3$  y arcilla.
  - En la adición de borosilicatos al vidrio.
  - En la calcinación de la arcilla y el caolín.
  - En la pulverización de silicatos y  $\text{CaCO}_3$ .
  - En el calentamiento de silicatos y  $\text{CaCO}_3$ .
5. ¿Cuál(es) de los siguientes factores condiciona(n) la formación de óxido de calcio, materia prima del proceso de clinkerización?
- Temperatura.
  - Presión.
  - Volumen.
  - Concentración.
- Solo I y II
  - Solo III y IV
  - Solo II y IV
  - Solo I, II y III
  - Todas son correctas.

## II Observa las imágenes y luego responde las siguientes preguntas.



1. Escribe en el recuadro la letra del artículo que corresponde al tipo de vidrio señalado (1 punto cada una).
- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Vidrio de borosilicato. | <input type="checkbox"/> Vidrio de cuarzo. |
| <input type="checkbox"/> Vidrio soda-cal.        | <input type="checkbox"/> Vidrio de plomo.  |
2. ¿Cuál es la diferencia estructural entre estos vidrios? ¿Mediante qué técnicas se obtienen los artículos de vidrio ilustrados? Describe las (4 puntos).

## Me evalúo

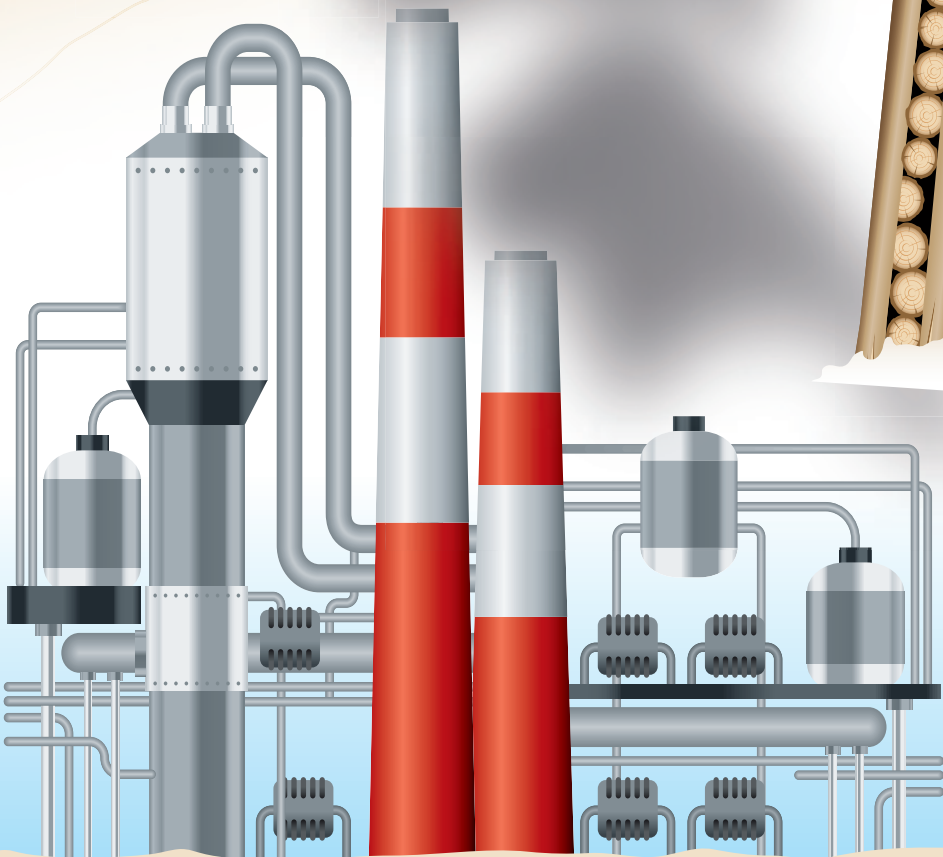
Completa la tabla. Para estimar tu puntaje, sigue las indicaciones que te señalará tu profesor o profesora.

Debería	Ítem (preguntas)	Puntaje		¿Qué debo hacer?
		Total	Obtenido	
• Reconocer materias primas que conforman los materiales inorgánicos y sus propiedades.	Ítem I (1, 2 y 3)	6		Según los puntajes obtenidos, realiza las actividades que te indicará tu profesor o profesora.
• Identificar el proceso de fabricación del cemento.	Ítem I (4 y 5)	4		
• Identificar los tipos de vidrio y describir los métodos de obtención.	Ítem II (1 y 2)	8		

## SÍNTESIS DE LA UNIDAD

### Minerales metálicos

Chile cuenta con una gran variedad de yacimientos minerales, metálicos y no metálicos, distribuidos a lo largo de su territorio. Entre los minerales metálicos destaca la producción de cobre, que representa aproximadamente el 70% de la actividad minera total. Otros minerales explotados en nuestro país son: molibdeno, hierro, cinc, manganeso, plata y oro.



### Industria química

El objetivo de la industria química es fabricar productos de bajo costo y buena calidad. El rendimiento obtenido en los procesos químicos industriales depende de tres factores: estequiométrico, cinético y termodinámico. Producto de la actividad industrial se genera una gran cantidad de residuos industriales que contaminan la atmósfera, las aguas y el suelo; esto no solo afecta al medioambiente, sino también la calidad de vida de las personas.



### Minerales no metálicos

Nuestro país cuenta con una enorme riqueza de elementos denominados minerales no metálicos, los que luego de someterse a tratamientos físicos y químicos, constituyen las materias primas de un sinnúmero de productos industriales. Entre ellos destaca la producción de carbonato de litio, azufre, salitre y yodo.



### Cerámica, cemento y vidrio

Estos tres materiales son imprescindibles, ya que forman parte de nuestra vida cotidiana. Las cerámicas están formadas por arcillas, que corresponde a una mezcla de óxido de aluminio, óxido de silicio y agua; el cemento, por una mezcla de óxidos, y el vidrio, por arena, caliza y soda.

### Trabaja con la información

Lee y comenta las siguientes preguntas con tus compañeros y compañeras.

1. ¿Qué factores influyen en la eficiencia y productividad de la industria química? Explica brevemente cada uno.
2. ¿Cuál es el principal mineral metálico que se extrae en nuestro país?, ¿qué importancia tiene para la economía nacional?
3. ¿De dónde se obtienen el salitre, el litio y el yodo?, ¿cuáles son sus principales aplicaciones?
4. ¿Qué beneficios para el medioambiente tiene la utilización de vidrio versus la de polímeros sintéticos?



## QUÍMICA EN LA HISTORIA



**Henry Bessemer**  
(1813-1898)

Ingeniero inglés, pionero de la siderurgia moderna. Desde su infancia manifestó habilidades creativas e inventivas. Se hizo millonario gracias a la elaboración de una purpurina a base de pintura y polvo de latón, denominada “polvo de oro”.

En 1855 patentó el proceso de refinamiento y reducción de hierro para producir y obtener acero, en cantidades industriales, a un bajo costo. El proceso Bessemer de refinación del acero lleva su nombre en honor a él.

La invención del acero tuvo gran impacto en la industria siderúrgica; por ejemplo, se pudieron fabricar barcos de acero de gran tamaño, mejor calidad y a un menor costo.



**Pedro Gamboni**  
(1825-1895)

Ingeniero de nacionalidad chilena, nacido en Valparaíso, y radicado posteriormente en Iquique. Analizó y replanteó el sistema de “las paradas”, en el que se sustentaba la industria salitrera. Tras su análisis, lo primero que hizo fue aumentar la ley del salitre y reutilizar la costra residual del caliche, remplazando el proceso de cocción del salitre en fondos por un sistema que incluía calderas, hornillas y grandes estanques, donde el salitre se diluía a fuego directo, con la finalidad de obtener un producto más puro. En 1853 patentó este procedimiento y lo dio a conocer a algunos inversionistas. Mas tarde, se instaló con su nuevo sistema en la oficina Sebastopol, ubicada en la Región de Tarapacá. En 1866, logró patentar un sistema para extraer yodo de las “aguas madres” del caliche. Gracias a esto, obtuvo la concesión exclusiva de los gobiernos de Perú y Bolivia para extraer el mineral durante diez años.





James Thomas Humberstone

(1850-1939)

Ingeniero químico inglés, denominado “padre del salitre”. Destaca por la implementación del sistema Shanks en la industria del salitre, el cual fue difundido a otras oficinas salitreras. Pero, además, introdujo otras importantes mejoras que permitieron reducir los costos de explotación del salitre y aumentar el rendimiento del caliche.

Entre estas mejoras se cuentan: introducción del uso de petróleo en los calderos, utilización de motores diésel para la generación eléctrica y la instalación de filtros al vacío para la separación y mejor aprovechamiento del polvillo del salitre que se origina en la etapa de trituración del caliche.

Por su gran aporte a la industria salitrera, recibió el reconocimiento del gobierno chileno y la Orden Oficial del Imperio británico y, en noviembre de 1934, la salitrera La Palma fue rebautizada como Oficina Humberstone. En la actualidad, funciona como un verdadero museo abierto al público para conocer la historia y las instalaciones de esta emblemática oficina salitrera.



Fritz Haber

(1868-1934)

Químico de origen alemán, quien, junto con Carl Bosch, desarrolló e implementó el método de Haber, que consistía en la formación de amoníaco sintético a partir de nitrógeno molecular e hidrógeno, los que eran sometidos a altas temperaturas y presiones y, en presencia de un catalizador, se podían transformar en ácido nítrico. Este método revolucionó la industria química en Alemania, ya que se logró sintetizar material explosivo sin la necesidad de depender directamente de la principal fuente de nitratos de ese momento: las salitreras, depositadas en el norte de nuestro país.

En 1918 fue galardonado con el Premio Nobel de Química, el que no pudo recibir sino hasta 1920, debido a la polémica dentro de la comunidad científica suscitada por su participación activa en la Primera Guerra Mundial, siendo responsable del desarrollo de las primeras armas de destrucción masiva que se conocen.

### Trabaja con la información

Lee las siguientes preguntas y comenta con tu curso.

1. ¿Qué beneficios y perjuicios ocasionó en nuestro país el auge del salitre?
2. ¿Qué consecuencia trajo para la economía de Chile la producción de salitre sintético?
3. ¿Qué opinas sobre los avances, en términos sociales, que se gestaron en el siglo XIX?

## EVALUACIÓN FINAL

**I** Lee las siguientes preguntas y selecciona la alternativa correcta.

- ¿Qué gas se utiliza para producir hierro a partir del trióxido de hierro?
  - Oxígeno.
  - Nitrógeno.
  - Dióxido de azufre.
  - Monóxido de carbono.
  - Dióxido de nitrógeno.
- ¿En qué consiste el método Frasch, utilizado en la extracción del azufre?
  - Fundir minerales de azufre en retortas de barro.
  - Tostar minerales de azufre en hornos refractarios.
  - Separar el azufre de su mineral de una celda electrolítica.
  - Extraer el azufre con solventes de depósitos superficiales.
  - Fundir el azufre de depósitos subterráneos con agua caliente.
- Si se tiene una disolución de nitrato de plata y se le introduce una lámina de cobre, se puede observar, al cabo de un tiempo, que la solución toma una coloración azulada. ¿Qué nos indica esto?
  - La plata se oxida.
  - El cobre se oxida.
  - El cobre se reduce.
  - La plata se reduce.
  - El nitrato de plata se reduce.
- ¿Qué nombre recibe la etapa inicial del proceso de obtención de cerámicas?
  - Fusión.
  - Molienda.
  - Chancado.
  - Lixiviación.
  - Calcinación.
- El vidrio común es una mezcla de las siguientes sustancias químicas:
  - caliza y arcilla.
  - caliche y azufre.
  - óxido de boro y plomo.
  - nitrato de sodio y calcio.
  - Sílice y carbonatos.
- A qué tipo de vidrio corresponde la siguiente definición: material altamente resistente a los golpes y a los cambios de temperatura. Se utiliza, principalmente, en la fabricación de utensilios de cocina e instrumentos de laboratorio.
  - Vidrio de cuarzo.
  - Vidrio de plomo.
  - Vidrio laminado.
  - Vidrio borosilicato.
  - Ninguna de las anteriores.
- ¿De qué mineral se obtiene el yodo como subproducto?
  - Salitre.
  - Cobre.
  - Azufre.
  - Hierro.
  - Plata.
- Con respecto al azufre, es correcto afirmar que:
  - se encuentra libre en la naturaleza.
  - se obtiene a través del método de Haber.
  - al combinarse con el oxígeno, permite la obtención de ácido sulfúrico.
  - en estado nativo se encuentra formando minerales como sulfuros y sulfatos.
  - Solo I
  - Solo II
  - Solo III y IV
  - Solo I y III
  - Solo I, III y IV

**II Analiza.**

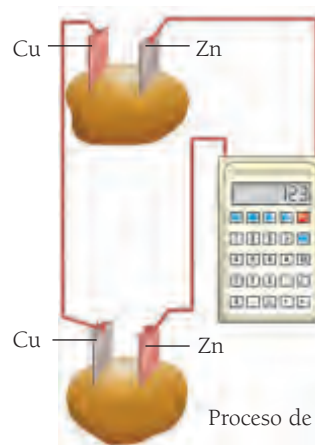
1. Observa y analiza la información de la tabla. Luego, responde en tu cuaderno.

Tipo de vidrio	% SiO <sub>2</sub>	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Temperatura (°C)	Conductividad térmica (W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )
Sílice	100	-	-100	1,05
			100	1,50
Vylor	96	3	-100	1,00
			100	1,40
Borosilicato*	60-65	15-20	-100	0,65-0,75
			100	1,00-1,05
Óxidos	65-70	1	-100	0,75-0,30
			100	1,05-1,15

Fuente: Handbook of Chemistry and Physics. 84<sup>th</sup> edition (2003-2004).

\*Nota: Los porcentajes restantes corresponden a otros óxidos.

- ¿Qué tipo de vidrio utilizarías para fabricar una ampollita, un vaso y una olla de vidrio? Justifica tu respuesta.
  - ¿En qué influye la adición de B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en la fabricación del vidrio? Explica.
  - ¿Cuál es la relación entre la conductividad térmica y la resistencia de un vidrio?
  - ¿Qué vidrio será más resistente a las variaciones de temperatura? Justifica.
2. El esquema muestra la refinación electroquímica del cobre.
- Explica en qué consiste el proceso representado en la imagen.
  - Escribe las semirreacciones redox que ocurren en:
    - ánodo.
    - cátodo.
  - ¿Qué grado de pureza tiene el cobre electrolítico?



3. El cobre blíster se obtiene fundiendo el mineral de cobre sulfurado y aplicándole aire para oxidar las impurezas, según la siguiente ecuación no balanceada:



- Equilibra la ecuación.
- Propón una relación estequiométrica entre reactantes y productos.
- Si por cada 1,5 kg de mineral de cobre sulfurado que se procesa se obtienen 415 g de metal, ¿cuál es el rendimiento de la reacción? Explica.

## EVALUACIÓN FINAL

4. La producción de  $\text{NaNO}_3$  y  $\text{KNO}_3$ , a partir del caliche, se lleva a cabo mediante procesos físicos sencillos.
  - a. Indica por qué se debe disminuir la temperatura en el proceso de cristalización.
  - b. Describe en qué consiste la lixiviación.
  - c. Señala cuáles son los usos del salitre.
  - d. Explica en qué consiste el método de Haber para la obtención de salitre sintético.
5. La piedra caliza agregada al alto horno participa en la formación de escorias. Escribe las ecuaciones balanceadas para:
  - a. La primera etapa: la piedra caliza se descompone en óxido de calcio y dióxido de carbono.
  - b. La segunda etapa: el óxido de calcio reacciona con las impurezas del mineral, como el óxido de silicio, para formar silicatos (como el  $\text{CaSiO}_3$ ).

## III Lee y aplica.

1. El carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) se descompone, en gran medida, produciendo óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), según la siguiente reacción:



Si la espontaneidad de una reacción química se mide a través de  $G^\circ$ , ¿a qué temperatura la reacción será espontánea: a  $750^\circ\text{C}$  o a  $850^\circ\text{C}$ ?

Sustancia	$\text{CaCO}_3$	$\text{CaO}$	$\text{CO}_2$
$H_f^\circ$ ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )	-1206,9	-635,6	-393,5
$S^\circ$ ( $\text{kJ mol}^{-1} \text{K}^{-1}$ )	$9,29 \cdot 10^{-2}$	$3,98 \cdot 10^{-2}$	0,213

2. Un químico desea sintetizar salitre en el laboratorio; para ello requiere previamente de la obtención de amoníaco a partir de  $\text{N}_2$  y  $\text{H}_2$ . ¿Aconsejarías al químico la utilización de un catalizador?, ¿por qué?
3. Una determinada industria química genera y libera anualmente toneladas de ácido sulfúrico. Considerando que esta sustancia es corrosiva y dañina para el medioambiente, un grupo de trabajadores propuso un método que permite reutilizar esta sustancia ácida. ¿Qué argumentos crees que respaldan esta propuesta?, ¿qué propiedades químicas posee el ácido sulfúrico que hacen posible su reutilización?

## Lo que ahora sé

Te invitamos a que vuelvas a responder en tu cuaderno las preguntas de la sección **Lo que sé**, de la página 146. Luego, compara tus respuestas iniciales con las señaladas en esta instancia. Además, responde las preguntas que planteaste en la sección **Lo que me gustaría saber** (página 149).

1. ¿Cuál de los contenidos trabajados en la Unidad podrías explicar a un compañero o compañera?, ¿por qué?
2. ¿En qué situaciones de tu vida cotidiana puedes utilizar lo que aprendiste en esta Unidad?
3. ¿Qué puedes hacer para mejorar tu desempeño?



## Proyecto científico

Unidad  
**4**

### Visita a una industria química de la región

#### Antecedentes

El desarrollo económico de un país depende en gran medida del desarrollo de su industria química. A lo largo de la historia, muchas zonas de Chile han alcanzado un importante auge gracias a la industria minera. Pero ¿cuánto se ha avanzado en el tema de buscar soluciones a los problemas ambientales que genera la industria química? Integrar la protección del medioambiente con la producción industrial exige que los procesos productivos eviten y reduzcan los residuos o bien los reutilicen como materia prima para otros procesos de fabricación o para generar energía.

Las industrias en todo el mundo están aplicando cada vez más tecnologías ecológicas; estas protegen el medioambiente, porque: utilizan los recursos en forma más eficiente, especialmente los recursos no renovables; reciclan y emplean materias primas recicladas; controlan las emisiones contaminantes, por lo que contaminan menos; fabrican productos eliminando la menor cantidad de desechos al ambiente, y dan tratamientos especiales a los residuos y a las emanaciones, de manera que hagan el menor daño posible al ecosistema.



En la actualidad, muchas de las empresas trabajan bajo el sistema de gestión medioambiental de la norma ISO 14001, creado por la Organización Internacional de Normalización, reconocido internacionalmente y aplicable a cualquier sector.

#### 1. Objetivo

- El propósito general de este proyecto es investigar sobre las distintas tecnologías que se aplican en nuestro país y que posibilitan el cuidado del medioambiente.

#### 2. Planificación

Junto con el profesor o la profesora planifiquen la visita a una industria de su región. Los aspectos que interesa investigar son los siguientes:

- Tipo de industria.
- Materias primas utilizadas.
- Recursos energéticos empleados.
- Proceso productivo.
- Uso del agua.
- Residuos que emiten (volumen, clasificación, manejo y tratamiento).
- Cumplimiento de las normas ambientales.
- Impacto ambiental en la región.

#### 3. Ejecución

- Una vez planificadas y definidas las etapas del proyecto, ejecútenlo. Escriban un informe descriptivo y analítico que comunique el trabajo de la visita a terreno. Este informe debe incluir: título, objetivo, introducción, desarrollo del tema, conclusiones y bibliografía.

**ANEXO 1** (para usar en las páginas 63 y 65 de la Unidad 2)**Código genético**

Aminoácido	Codones que lo codifican
Inicio	AUG
Alanina (Ala)	GCU, GCC, GCA, GCG
Asparagina (Asn)	CGU, CGC, CGA, CGG, AGA, AGG
Asparagina (Asp)	AAU, AAC
Ácido aspártico (Asp)	GAU, GAC
Cisteína (Cys)	UGU, UGC
Glutamina (Gln)	CAA, CAG
Ácido glutámico (Glu)	GAA, GAG
Glicina (Gly)	GGU, GGC, GGA, GGG
Histidina (His)	CAU, CAC
Isoleucina (Ile)	AUU, AUC, AUA
Leucina (Leu)	UUA, UUG, CUU, CUC, CUA, CUG
Lisina (Lys)	AAA, AAG
Metionina (Met)	AUG
Fenilalanina (Fen)	UUU, UUC
Prolina (Pro)	CCU, CCC, CCA, CCG
Serina (Ser)	UCU, UCC, UCA, UCG, AGU, AGC
Treonina (Thr)	ACU, ACC, ACA, ACG
Triptófano (Trp)	UGG
Tirosina (Tyr)	UAU, UAC
Valina (Val)	GUU, GUC, GUA, GUG
Término	UAG, UGA, UAA

Los codones señalados corresponden a los del ARN mensajero.



## ANEXO 2 (para usar en la página 71 de la Unidad 2)

## Clasificación de algunos aminoácidos según su estructura

Clasificación	Aminoácidos	Fórmula
Alifáticos	Glicina (Gly)	$\begin{array}{c} \text{HCHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	Alanina (Ala)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	Lisina (Lys)	$\begin{array}{c} \text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	Glutamina (Gln)	$\begin{array}{c} \text{NH}_2\text{CCH}_2\text{CH}_2\text{CHCOOH} \\    \quad   \\ \text{O} \quad \text{NH}_2 \end{array}$
	Ácido glutámico (Glu)	$\begin{array}{c} \text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	Ácido aspártico (Asp)	$\begin{array}{c} \text{HOOCCH}_2\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	Cisteína (Cys)	$\begin{array}{c} \text{HSCH}_2\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	Leucina (Leu)	$\begin{array}{c} (\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	Arginina (Arg)	$\begin{array}{c} \text{NH}_2-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHCOOH} \\    \quad   \\ \text{NH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$
	Asparagina (Asn)	$\begin{array}{c} \text{NH}_2\text{C}-\text{CH}_2\text{CHCOOH} \\    \quad   \\ \text{O} \quad \text{NH}_2 \end{array}$
Metionina (Met)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{SCH}_2\text{CH}_2\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	
Aromáticos	Fenilalanina (Fen)	$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	Tirosina (Tyr)	$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	Triptófano (Trp)	$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_4-\text{C}=\text{CH}_2\text{CHCOOH} \\   \quad   \\ \text{N}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$
Heterocíclicos	Prolina (Pro)	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{N} \\   \\ \text{H} \end{array}$
	Histidina (His)	$\begin{array}{c} \text{N}-\text{CH} \\   \quad   \\ \text{HC}-\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2\text{CHCOOH} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{NH}_2 \end{array}$

## ANEXO 3 MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL LABORATORIO

### Medidas de seguridad en el laboratorio

El trabajo en el laboratorio debe ser riguroso, ya que de eso depende el éxito de las actividades que realices. Para ello, es importante que conozcas una serie de medidas que te ayudarán a que tu trabajo experimental sea satisfactorio y seguro.

#### A. Recomendaciones generales

Entre las recomendaciones que debes tener presente en cualquier actividad experimental, están:

- Escucha atentamente las indicaciones de tu profesora o profesor.
- Lee con atención el procedimiento que debes seguir. Si tienes dudas, acláralas antes de comenzar a trabajar.
- Usa siempre cotona o delantal para evitar que tu ropa se manche.
- Mantén limpio y ordenado tu lugar de trabajo.
- Nunca manipules material de laboratorio sin autorización de tu profesor o profesora.
- Si tienes el pelo largo, mantenlo recogido, y evita el uso de bufandas, collares, pulseras u otros elementos que puedan enredarse con los materiales de trabajo.
- Nunca corras o juegues en el laboratorio.
- No consumas alimentos mientras trabajas, ya que pueden contaminarse con sustancias presentes en el laboratorio.
- Asegúrate de que en el laboratorio haya un botiquín de primeros auxilios y un extintor.
- Antes de salir del laboratorio, lava prolijamente tus manos con abundante agua y jabón.



Cuando estés realizando alguna actividad experimental, si tienes el pelo largo debes llevarlo recogido, y usar siempre delantal sobre tu ropa.

#### B. Manipulación de material de vidrio

Gran parte del material que hay en el laboratorio es de vidrio, como los tubos de ensayo, los vasos de precipitado y las probetas. Al usarlos, considera las siguientes medidas:

- El vidrio es frágil, por lo que los instrumentos hechos con este material debes usarlos cuidadosamente para que no se rompan.
- Antes de utilizar cualquier instrumento de vidrio, asegúrate de que no esté trizado o quebrado para evitar cortes. Si encuentras un material en malas condiciones, avísale a tu profesora o profesor para que lo remplace.
- Evita forzar el material de vidrio. Si vas a introducir un tapón u otro material a presión a un tubo de ensayo o un matraz, por ejemplo, emplea guantes.

- No expongas material de vidrio directamente a la llama del mechero, sin la autorización de tu profesor o profesora. Si tienes que hacerlo, escucha atentamente las indicaciones.
- El material de vidrio tarda en enfriarse y presenta el mismo aspecto que el vidrio frío. Si has calentado algún material de vidrio, ponlo en un lugar seguro, y avísales a tus compañeros y compañeras para que no lo tomen.

### C. Manipulación de material cortopunzante

El uso de material cortopunzante requiere de un cuidadoso manejo, ya que puede ocasionar cortes. Al emplear este tipo de material, ten presentes las siguientes medidas:

- Utiliza material cortopunzante solo cuando tu profesora o profesor lo indique, y nunca juegues ni corras con él en tus manos, para evitar accidentes.
- Mantén el material cortopunzante en un lugar visible, y cuando dejes de ocuparlo, guárdalo en un lugar seguro.

### D. Trabajo con calor









Al trabajar en el laboratorio, muchas veces tendrás que utilizar fuentes de calor, como el mechero. Dada la peligrosidad que implica esto, recuerda las siguientes medidas preventivas:

- Cuando trabajes con una fuente de calor, ubícala al centro del mesón, y alejada de sustancias inflamables, incluyendo tu ropa y tu pelo.
- Utiliza pinzas de madera para tomar cualquier material que expongas o que hayas expuesto al calor.
- Nunca calientes instrumentos en mal estado o que no sean resistentes a altas temperaturas.
- Cuando calientes una sustancia en un tubo de ensayo, hazlo por los costados, agitando suavemente el contenido. Además, asegúrate de que la boca del tubo no apunte hacia ti o hacia alguna compañera o compañero.
- Nunca calientes frascos totalmente cerrados.
- Apaga bien la fuente de calor cuando termines de usarla. Si esta emplea gas como combustible, asegúrate de cerrar bien la llave de paso.

## ANEXO 3 MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL LABORATORIO

### E. Manipulación de reactivos y sustancias químicas

Antes de trabajar con sustancias químicas y reactivos, es importante que conozcas los símbolos de advertencia que pueden tener. La tabla que aparece a continuación muestra los símbolos de peligrosidad, su significado y las precauciones que debes tener al manipular sustancias químicas o reactivos que los posean.

Símbolo	Significado (abreviación)	Precaución
	Nocivo (Xn)	Estas sustancias pueden provocar graves daños a la salud por inhalación, ingestión, o absorción cutánea. Evita cualquier contacto con tu cuerpo.
	Tóxico (X)	Sustancias que pueden tener consecuencias mortales, por lo que deben manipularse bajo estrictas medidas de seguridad. Evita todo contacto con tu cuerpo.
	Irritante (Xi)	Estas sustancias pueden producir inflamaciones en la piel y mucosas. Nunca las inhales, y evita cualquier contacto con tus ojos y piel.
	Corrosivo (C)	Sustancias que dañan la piel. Al usarlas, emplea guantes e indumentaria apropiada. Evita todo contacto con tus ojos y piel, y nunca las inhales.
	Comburente (O)	Estas sustancias reaccionan fuertemente con otras, sobre todo si son inflamables, y dificultan la extinción de incendios. Evita todo contacto con sustancias combustibles.
	Inflamable (F)	Sustancias que pueden inflamarse, y luego continuar quemándose o permanecer incandescentes. Manténlas alejadas de chispas, fuego y fuentes de calor.
	Explosivo (E)	Estas sustancias reaccionan liberando energía y pueden explotar. Evita choques, fricción, formación de chispas, fuego y la acción del calor, cuando trabajes con ellas.
	Peligro para el ambiente (N)	Sustancias que pueden afectar los ecosistemas, alterando su equilibrio natural. Deben eliminarse bajo las condiciones adecuadas, según sea el caso.

Al usar sustancias químicas y reactivos, ten presentes las siguientes medidas de seguridad:

- Lee siempre las etiquetas de los frascos que los contienen.
- Nunca los pruebes, y evita todo contacto con tu piel y tus ojos.
- Nunca los mezcles sin que tu profesora o profesor lo indique, ya que pueden reaccionar peligrosamente. Tampoco intercambies las tapas de los recipientes que los contienen, y usa distintas pipetas para trasvasiarlos.
- No devuelvas al recipiente original los restos de sustancias químicas o reactivos, aunque no hayan sido utilizados.
- Para eliminar los restos de sustancias químicas o reactivos, sigue las indicaciones de tu profesor o profesora, y nunca los viertas directamente al desagüe.



## ¿Qué hacer en caso de accidentes?

En caso de cualquier accidente, lo primero que debes hacer es avisarle a tu profesora o profesor, y nunca actuar por iniciativa propia para controlar la situación, ya que esta podría empeorar. No obstante, es importante que conozcas algunas medidas que se deben seguir en diferentes situaciones, como las descritas a continuación.

### A. Herida cortante

- Lavar la herida con abundante agua por unos 10 minutos.
- Si la herida es pequeña y deja de sangrar, después de lavarla hay que desinfectarla.

Para ello es aconsejable usar un algodón impregnado con agua oxigenada al 3%, y luego cubrirla con una venda o un apósito, sin presionar demasiado la herida. Si la herida es grande y no deja de sangrar, se necesita asistencia médica inmediata.

### B. Quemadura con sustancias calientes

- Poner la zona afectada bajo el chorro de agua fría durante 5 a 10 minutos.
- Si la zona afectada es muy grande o tiene mal aspecto, requiere atención médica inmediata.

### C. Quemadura con ácidos

- Lavar la zona afectada con abundante agua. Luego, aplicar una disolución de bicarbonato de sodio al 5% durante 10 a 15 minutos. Otra opción es lavar la zona afectada con una solución diluida de una base débil, como amoníaco al 5%.

### D. Quemadura con bases

- Lavar la zona afectada con abundante agua. Luego, aplicar una solución diluida de ácido bórico o acético.

### E. Salpicadura o contacto de sustancias químicas con los ojos

- Lavar con abundante agua durante 10 a 15 minutos.

### F. Incendio de ropa

- Cubrir a la persona con una manta o hacerla rodar por el piso.
- Para evitar la expansión del fuego, es importante no correr.

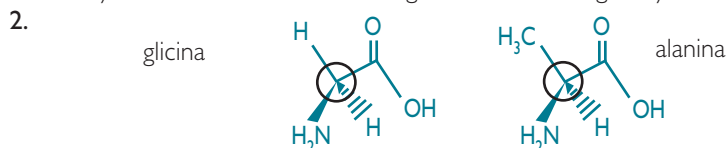
# SOLUCIONARIO DEL TEXTO DEL ESTUDIANTE

## Solucionario del Texto del Estudiante

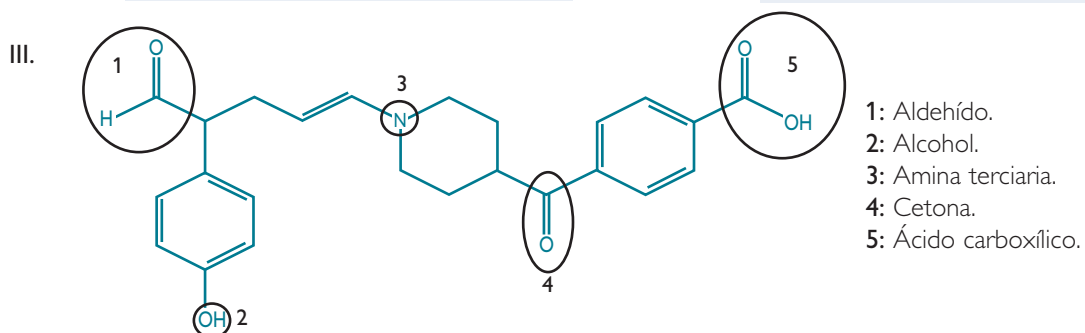
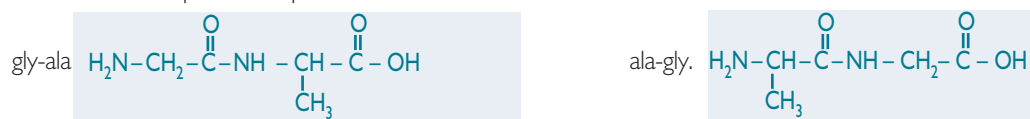
### Unidad 1 La química de los polímeros

**Evaluación diagnóstica** (páginas 12 y 13)

- I. 1. Hay cinco carbonos primarios, uno secundario, uno terciario y uno cuaternario.  
 2. Nombre oficial para el isooctano: 2,2,4 trimetil pentano.  
 3. Hibridación  $sp^3$ .  
 4. Todos los átomos de carbono de esta molécula tienen valencia 4 y el ángulo de enlace es de  $109,5^\circ$ .
- II. 1. En ambas moléculas hay un grupo amino y un grupo ácido carboxílico. La diferencia está en el otro sustituyente del carbono alfa: en la glicina es un hidrógeno y en la alanina es un metil.



3. Se obtienen dos productos para esta reacción:



IV.1. Eteno (etileno, nombre común).

2. Cloroeteno.
3. Fenol.
4. Metanal (formaldehído).
5. Ácido butanoico.
6. Etanamina.

V. 1. Metano: gas; etano: gas; propano: gas; metanol: líquido; etanol: líquido; propanol: líquido.

2. y 3. En el caso de la serie metano-etano-propano, por ser moléculas totalmente apolares, las fuerzas intermoleculares que se establecen entre ellas son del tipo de Van der Waals. Estas condicionan a la molécula según la fuerza, debido a los momentos dipolares originados por el tipo de interacción dipolo que se produce entre los átomos que la forman. Además, mientras mayor masa molar tiene la molécula, mayor es el punto de ebullición, pues se requiere mayor energía en forma de calor para romper los enlaces.

**Síntesis del Tema 1** (página 20)

De superior a inferior y de izquierda a derecha son: *la estructura de sus cadenas, ramificados, sintéticos, naturales, copolímeros y homopolímeros.*

**Evaluación de proceso Tema 1** (páginas 20 y 21)

I. 1. D. 2. B. 3. A. 4. C. 5. C.

- II. Poliéster: sintético; polímero orgánico no vinílico (tiene otros átomos además de carbono e hidrógeno); lineal. Caucho: natural; polímero orgánico vinílico; lineal. Teflón: sintético; polímero orgánico no vinílico; lineal.



**Trabaja con la información** (página 39)

1. Su ventaja es que tienen amplias aplicaciones clínicas, como por ejemplo en terapias anticancerígenas, o como posibles agentes inmunomoduladores antivíricos y como fármacos para reconstitución enzimática.
2. Los conjugados polímero-proteína se usan con el fin de favorecer una mayor estabilidad en el suero y una disminución en la inmunogenicidad, mientras que con los conjugados polímero-fármaco se pretende incidir en la farmacocinética del mecanismo de internalización celular.
3. Ofrecen múltiples posibles aplicaciones en prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades, como el desarrollo de materiales nanoestructurados para mejores implantes, nanotecnología para combatir bacterias, transporte de medicinas, destrucción de tumores, etc.
4. En base a las respuestas de las preguntas 1 y 3 el alumno tiene suficientes argumentos para corroborar la afirmación.

**Síntesis del Tema 2** (página 40)

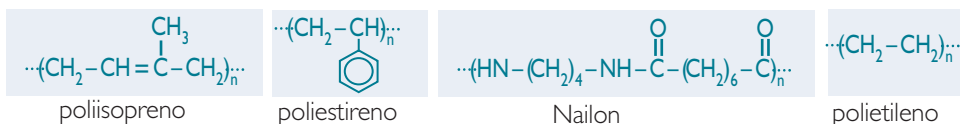
De superior a inferior y de izquierda a derecha: *de acuerdo con sus propiedades físicas, polímeros de adición, elastómeros, termoestables, aniónica, radicalaria.*

**Evaluación de proceso Tema 2** (páginas 40 y 41)

1. Diferencias entre la polimerización por condensación y la por adición. En la primera, al reaccionar los monómeros para formar el polímero, hay eliminación de una molécula de agua, en la otra no; en la polimerización por adición, los monómeros solo pueden reaccionar con el polímero en crecimiento; en la reacción de condensación, en tanto, ocurre por etapas; los monómeros que reaccionan en la polimerización por adición tienen insaturaciones, los que intervienen en las polimerizaciones de condensación tienen dos grupos reactivos.
2. Respuesta abierta. Pueden seleccionar como polímeros de adición: polipropileno, polietileno, poliestireno, PVC, y como polímeros de condensación: nailon, kevlar, siliconas, PET, baquelita.
3. Ventajas: son económicos, versátiles, livianos, resistentes a la oxidación y al ataque de ácidos y bases. Desventajas: son residuos difíciles de eliminar, debido a su resistencia, y pueden generar graves problemas al medioambiente.

1. Nailon: **B**; poliestireno: **D**; poliisopreno: **A**; polietileno: **C**.

2.



3. Fibra resistente y flexible: **B**; resistente y aislante: **D**; pegajoso y blando en caliente: **C**; resistente y termoplástico: **A**.
4. El PVC forma cadenas lineales; si las cadenas son largas, el polímero es menos flexible y adquiere alta dureza.
5. El PEAD (polietileno de alta densidad) está constituido por cadenas lineales, que pueden apilarse en forma regular, es decir, una mayor cantidad de moléculas se ordenan en un menor volumen, de ahí que se hable de mayor densidad. El PEBD (polietileno de baja densidad) está formado por cadenas ramificadas que no se ordenan con facilidad, por lo que su grado de cristalinidad disminuye, y por eso se dice que es de baja densidad.

**Evaluación final** (páginas 46, 47 y 48)

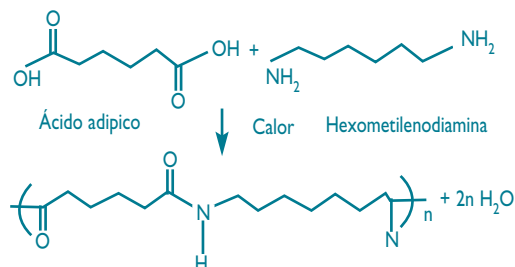
1. **D**; 2. **C**; 3. **E**; 4. **E**; 5. **E**; 6. **A**; 7. **A**; 8. **D**.
1. **a.** Entre las cadenas se forman fuertes uniones por puentes de hidrógeno. **b.** La baquelita es un polímero quebradizo; sus cadenas presentan un alto grado de entrecruzamiento (cadenas ramificadas). **c.** El polietileno y el policarbonato están constituidos por cadenas lineales, con uniones intermoleculares fuertes, que les confieren resistencia a la tensión, pero no a la elongación.
  2. **a.** Mientras más cristalino sea un polímero, mayor es la densidad, el punto de fusión y la rigidez que presenta. Los polímeros lineales y ordenados tienen una mayor tendencia a empaquetarse y, por ende, su densidad es mayor. **b.** El PEAD es un material altamente cristalino, cuyas cadenas pueden apilarse con facilidad, ya que no dejan espacios libres, lo que hace que la superficie de contacto entre ellas sea superior; que las uniones intermoleculares sean más fuertes. Por ello, la energía que se necesita para fundir este polímero es superior (punto de fusión más alto). Es por esto que el polietileno de alta densidad es empleado en la fabricación de

## SOLUCIONARIO DEL TEXTO DEL ESTUDIANTE

tambores y bidones, rodamientos, válvulas y engranajes. El PEBD es un polímero de cadena ramificada, con un menor grado de cristalinidad, utilizado en la fabricación de materiales de menor resistencia, tales como: bolsas, envases de alimentos, cubiertas para invernadero.

III. 1. El monómero **a**. Porque puede establecer puentes de hidrógeno con la mucosa del ojo y adherirse mejor. Las cadenas del polímero deben ser relativamente cortas para que el lente sea flexible.

2. a.



b. Es un polímero cuya degradación tarda menos tiempo. Presenta resistencia a altas temperaturas.

c. Nailon 4,6.

## Unidad 2 Polímeros naturales

**Evaluación diagnóstica** (páginas 52 y 53)

- I. 1. Los huevos tienen proteínas (principalmente la albúmina), los fideos tienen polisacáridos (almidón) y la carne está estructurada prácticamente a base de proteínas, específicamente actina y miosina.
  2. Proteínas: función estructural y de transporte. Polisacáridos: función energética y estructural.
- II. 1. Ambas moléculas tienen seis átomos de carbono, cinco grupos hidroxilos (–OH) y un grupo carbonilo (–C=O).
  2. La diferencia radica en que el grupo carbonilo de la glucosa está dentro del grupo funcional aldehído, y en la fructosa como cetona.
  3. Ambas moléculas son solubles en agua, debido a que poseen grupos polares (–OH). Los grupos hidroxilos de cada molécula interaccionan con las moléculas de agua, originando puentes de hidrógeno.
  4. Al unir una glucosa con una fructosa se origina una molécula de sacarosa (disacárido); y se elimina una molécula de agua.
- III. **Proteínas:** aminoácidos; carnes, huevos y lácteos; estructural, enzimática, hormonal, reguladora y de transporte. **Polisacáridos:** monosacáridos; pan, cereales, pastas y arroz; energética y estructural. **ADN:** nucleótido con desoxirribosa; contiene la información genética. **ARN:** nucleótido con ribosa; regula la expresión genética.
- IV. 1. Respuesta abierta. Se podría tomar una muestra significativa de diversos quesos presentes en el mercado y comprobar con test químico la existencia de almidón.
  2. Respuesta abierta. ¿Qué relación hay entre los quesos adulterados y la presencia de almidón en su composición? Hipótesis: todos los quesos adulterados tienen niveles elevados de almidón en su estructura.
  3. Respuesta abierta. Tomar una muestra significativa de quesos de distintos puntos del mercado, macerarlos en agua y aplicarles la prueba de lugol (solución de I<sub>2</sub> (1%) con KI (2%) en agua destilada). La presencia de almidón en los quesos arroja la formación de un complejo almidón-lugol, que se evidencia por una coloración violeta oscuro.
- V. 1. Las enzimas actúan a pH y temperaturas determinadas. Esto se puede apreciar en los gráficos, donde los máximos indican los valores óptimos de estas variables.
  2. Las enzimas son proteínas cuya función es acelerar las reacciones bioquímicas que tienen lugar en el organismo.

**Síntesis del Tema 1** (página 64)

De superior a inferior y de izquierda a derecha: *carbohidratos, ácidos nucleicos, monosacáridos, \*galactosa, \*celulosa, bases nitrogenadas.* (\*Puedes mencionar otros).

**Evaluación de proceso Tema 1** (páginas 64 y 65)

- I. 1. B. 2. E. 3. C. 4. D. 5. C. 6. E.

- II. La replicación es el proceso que permite que la información genética pueda ser transmitida a futuras generaciones. La transcripción es el proceso por el cual la información contenida en el ADN se copia en el ARN. La traducción es la última etapa y corresponde a la síntesis de proteínas o polipéptidos.
- ARNm: UUA CCC AGU AUU GGG
  - Leucina – Glicina – Serina – Isoleucina – Glicina.

#### Trabaja con la información (página 77)

- El uso de polímeros naturales en insumos médicos relacionados con tratamientos cutáneos tiene como ventaja el favorecer la cicatrización y, al ser biodegradable, se facilita su eliminación natural.
- Este tipo de vendaje permite mantener las heridas libres de infecciones, mantiene la humedad lo que evita alteraciones de la piel mientras cicatriza.
- El quitosano se puede usar en agricultura para encapsular semillas y elaborar pesticidas.

#### Síntesis del Tema 2 (página 80)

De superior a inferior y de izquierda a derecha: *aminoácido, grupo amino, secundaria, cuaternaria.*

#### Evaluación de proceso Tema 2 (páginas 80 y 81)

1. E. 2. C. 3. B. 4. B. 5. D. 6. E.
1. Respuesta abierta. Se espera que propongan un gráfico similar al señalado en la página 53 del Texto.  
2. Si el pH aumenta por sobre los niveles normales, la pepsina se inactiva, proceso que se conoce como desnaturación. Algunos solventes químicos y el aumento o disminución de la temperatura pueden provocar la desnaturación de la proteína.  
3. Las enzimas, al igual que las demás proteínas, poseen una propiedad característica: la especificidad de acción.

#### Evaluación final (páginas 86, 87 y 88)

1. C. 2. C. 3. C. 4. B. 5. A. 6. D.
1. **a.** Pepsina 1,5 y tripsina 6,8, aproximadamente. **b.** Se desnaturaría y provocaría la pérdida de la actividad biológica de la enzima. **c.** La temperatura y los solventes son otros factores que pueden alterar la estructura y afectar la funcionalidad de las enzimas. **d.** Uniones intermoleculares como los puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals, atracciones ion-ion, ion-dipolo, dipolo-dipolo, dipolo-dipolo inducido y dipolo inducido-dipolo inducido. **e.** La especificidad es una característica propia de las proteínas.  
2. **a.** (1): estructura terciaria; (2) estructura primaria; (3) estructura cuaternaria; (4) estructura secundaria.  
**b.** Existencia de puentes de hidrógeno y de interacciones diversas entre los grupos funcionales presentes en los radicales. También pueden enlazarse átomos de azufre, formando puentes disulfuro, S–S.  
**c.** En las proteínas de estructura terciaria y cuaternaria.  
**d.** Las estructuras primaria y secundaria determinan qué aminoácidos existen y de qué manera interactúan entre sí. En términos concretos, son la base a partir de la cual la proteína podrá enrollarse.
1. **a.** Se tritura el alimento para liberar el ADN que se encuentra en el núcleo de la célula. **b.** Se añade la solución acuosa de NaCl para precipitar las proteínas y separarlas del ADN. **c.** Para lograr la precipitación del ADN.  
2. **a.** Desnaturación de las proteínas de la carne. **b.** El pH. **c.** La temperatura.  
3. **a.** Cinco codones. **b.** Cinco aminoácidos. **c.** Si se inhibe el proceso de transcripción, se detiene el proceso de expresión génica y no se pueden sintetizar finalmente las proteínas.

## Unidad 3 Materia y energía: radiactividad natural e inducida

### Evaluación diagnóstica (páginas 92 y 93)

1. E. 2. C. 3. E. 4. D. 5. E. 6. C.
1. A y D: neutros; B: negativo; C: positivo.  
2.  $^{12}_6\text{C}$  ( $Z = 6$ ;  $A = 12$ ; 6  $p^+$ , 6  $n$ , 6  $e^-$ ).  
 $^{13}_6\text{C}$  ( $Z = 6$ ;  $A = 13$ ; 6  $p^+$ , 7  $n$ , 6  $e^-$ ).  
 $^1_1\text{H}$  ( $Z = 1$ ;  $A = 1$ ; 1  $p^+$ , 0  $n$ , 1  $e^-$ ).  
 $^2_1\text{H}$  ( $Z = 1$ ;  $A = 2$ ; 1  $p^+$ , 1  $n$ , 1  $e^-$ ).  
 $^3_1\text{H}$  ( $Z = 1$ ;  $A = 3$ ; 1  $p^+$ , 2  $n$ , 1  $e^-$ ).
- Orden cronológico: Dalton, **imagen 3**; Thomson, **imagen 1**; Rutherford, **imagen 2**.

## SOLUCIONARIO DEL TEXTO DEL ESTUDIANTE

### Síntesis del Tema 1 (página 100)

De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo: *Rutherford; protones, neutrones; A; fuerte; A; 1. El átomo está prácticamente vacío. 2. Tiene un centro con carga positiva (núcleo). 3. Los electrones giran alrededor del núcleo; interacción nuclear; isótopos.*

### Evaluación de proceso Tema 1 (páginas 100 y 101)

#### Ítem I

1. C. 2. E. 3. C. 4. A. 5. B. 6. B.

#### Ítem II

1. 20,20 u.
2. 237,98 u.
3. La suma de las masas de los nucleones es:  $56 \times 1,007276 + 85 \times 1,008665 = 142,143981$ . Representa un valor mayor a 140,41, que equivale a la masa del núcleo. Esto se explica por el defecto de masa que corresponde a la equivalencia de masa en la energía para mantener a los nucleones unidos.

### Trabaja con la información (página 115)

Se espera que sus estudiantes dialoguen acerca de sus propias concepciones sobre el tema, por lo que no hay respuestas correctas o incorrectas. Sin embargo, es importante hacerles ver los riesgos que tiene el consumo de cigarrillos y de la importancia de legislar al respecto.

### Síntesis del Tema 2 (página 118)

De superior a inferior y de izquierda a derecha: *series radiactivas; alfa; beta; gamma; datación; núcleos de helio (dos protones y dos neutrones); carga y masa igual a la de un electrón; radiación electromagnética de alta energía.*

### Evaluación de proceso Tema 2 (páginas 118 y 119)

1. C. 2. E. 3. C. 4. E. 5. E.
- II. Datos para completar tabla (de izquierda a derecha):  
 Alfa (núcleo de helio; +2;  $6,65 \times 10^{-24}$  gramos;  ${}^4_2\text{He}$ ; alto).  
 Beta (electrón; -1;  $9,11 \times 10^{-28}$  gramos;  ${}^0_{-1}\text{e}$ ; medio).  
 Gamma (radiación electromagnética; 0; 0;  $\gamma$ ; bajo).
- III. 1. Después de 61,5 años habrá 0,3125 mg del isótopo.  
 2. Edad fósil = 40 110 años.  
 3. Al cabo de doce días, la concentración del fármaco en la sangre será de  $1,25 \times 10^{-7}$  M.
- IV. 1. Los daños pueden ser agudos y casi inmediatos, como quemaduras en la piel, hemorragias, diarreas, infecciones e, incluso, la muerte. Sin embargo, también existen efectos tardíos; por ejemplo, el desarrollo de células cancerígenas y efectos en las generaciones siguientes del individuo irradiado.  
 2. La radiación menos penetrante es detenida por la piel; por lo tanto, sus efectos serán a ese nivel. En tanto, las radiaciones con mayor poder de penetración pueden interactuar con el ADN de las células, produciendo mutaciones, las que pueden ocasionar enfermedades como el cáncer.

### Trabaja con la información (página 135)

1. Respuesta abierta y variable. Si este experimento tuviera éxito y se lograra controlar la reacción de fusión, se podría obtener una fuente de energía limpia, no contaminante, de bajo costo y altamente beneficiosa para la calidad de vida en nuestra sociedad. El principal inconveniente, es la alta cantidad de energía que requiere.
2. Respuesta variable. Tal como lo dijo el director del programa, este experimento no encierra riesgos, ya que la reacción duraría billonésimas de segundos, con un consumo total del combustible radiactivo.
3. Respuesta variable. Tanto este proyecto como muchos otros en los que se está trabajando implican grandes adelantos y constituyen reales expectativas de que en un futuro podremos contar con nuevas fuentes de energía menos contaminantes y con un costo económico menor.

### Evaluación de proceso Tema 3 (páginas 136 y 137)

1. B. 2. E. 3. E. 4. E. 5. D.

- II. 1. a. (A)  $^{12}_6\text{C}$ . Reacción de fusión nuclear. Un átomo de berilio se fusiona con una partícula alfa para dar origen a un catión carbono-12 y un neutrón. (B)  $^1_0\text{n}$ . Reacción de fusión entre un átomo de  $^3_2\text{He}$  y uno de  $^4_2\text{He}$ . (C)  $^{25}_{12}\text{Mg}$ . Reacción de fusión de un núcleo de Al-27 con un núcleo de deuterio para dar origen a un núcleo de magnesio-25 y una partícula alfa.
- b. En la reacción B se da origen a un núcleo más pesado. En la reacción C se origina uno más liviano.
- c. Las reacciones en cadena son explosivas Sin embargo, cuando la velocidad de la reacción se controla, la reacción sigue siendo en cadena, pero no es explosiva. Para controlar la velocidad de una reacción se debe disminuir la cantidad de neutrones que se generan en cada paso.
2. a. La mayoría de los fenómenos que ocurren en la naturaleza y los procesos que se realizan tanto en los laboratorios como en la industria están basados en el movimiento de los átomos y de las moléculas. Para investigar las trayectorias de un elemento y su forma química a través de los procesos, los elementos se marcan con elementos radiactivos, llamados trazadores. De este modo, se puede seguir su trayectoria durante las diferentes transformaciones, midiendo sus emisiones con un contador Geiger. Como es químicamente imposible diferenciar un átomo radiactivo de otro que no lo es, sus comportamientos son idénticos durante el proceso.
- b. La mosca de la fruta constituye una plaga; para controlar su proliferación se realiza lo siguiente: esterilización de la mosca, lo que se consigue exponiendo a la mosca macho a intensas radiaciones gamma; los machos estériles son liberados en grandes cantidades; al aparearse con las hembras, no dejan descendencia. Esta técnica es muy efectiva, pues permite reducir sustancialmente la utilización de pesticidas y plaguicidas químicos, lo que constituye un riesgo para la salud.

**Evaluación final** (páginas 142, 143 y 144)

I. 1. C. 2. B. 3. A. 4. A. 5. E. 6. E. 7. E.

II. 1. 20 años; 1/8 de la muestra original.

2. El gráfico B representa un decaimiento radiactivo, pues parte con un cierto número de núcleos radiactivos, los cuales disminuyen logarítmicamente
3. a. 200 g. b. 50 g. c.  $1,3 \times 10^9$  años. d. 12,5 g.
4. a. Falsa, todos los isótopos de un elemento presentan el mismo comportamiento químico.
- b. Verdadero.
- c. Verdadero, el óxido formado con el oxígeno-17 y 18 también debe ser radiactivo.
- d. Verdadero, sí, el compuesto contiene O-17 y O-18, emite radiación, la que puede ser detectada con un instrumento apropiado.

III. 1. Las ecuaciones de los puntos a. y c. son:



b. En 24 días existirá 0,70 g de Radon-222.

2. Sí, puesto que para fechar con C-14 se requieren restos biológicos; teniendo presente que si el resultado es muy superior a 60 000 años, esta técnica disminuye su confiabilidad.

3. 35,21 dec/s.

## Unidad 4 Extracción y procesamiento de materias primas

**Evaluación diagnóstica** (páginas 148 y 149)

I. 1. C. 2. E. 3. E. 4. E. 5. A. 6. D.

II. 1. a. Son correctas I y III. La roca 1 es dura o muy dura; la roca 2 es blanda, y la 3 es muy blanda.

b. Para determinar las aplicaciones de cada una de estas rocas, además de conocer la dureza, es necesario saber su composición y reactividad química, entre otros aspectos.

## SOLUCIONARIO DEL TEXTO DEL ESTUDIANTE

2. a. Gráfico.
- b. Porque se obtiene como un sub-producto de los procesos mineros.
- c. Porque el ácido sulfúrico es reutilizado en los distintos procesos de la minería del cobre.
3. a. La solución debe ser muy concentrada, ya que en estas condiciones, una pequeña evaporación del solvente (agua) produciría la cristalización deseada.
- b. El hilo tiene múltiples irregularidades, que permiten el crecimiento de cristales de sulfato de cobre (II).

### Síntesis del Tema 1 (página 156)

De superior a inferior y de izquierda a derecha: *estequiométrico, tratamientos químicos, termodinámico, tratamientos físicos finales.*

### Evaluación de proceso Tema 1 (páginas 156 y 157)

- I. 1. E. 2. A. 3. E. 4. D. 5. A.
- II. 1. A 500 K el  $\Delta G$  es 215,7 kJ y a 1200 K es de  $-169,3$  kJ; por lo tanto, la reacción será espontánea a 1200 K.
2. a.  $\text{Cu}_2\text{S}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \longrightarrow 2 \text{Cu}_{(s)} + \text{SO}_{2(g)}$ .
- b. La proporción entre los reactantes es de 1:1; la de los productos, 2:1.
- c. El rendimiento de la reacción es de 34,6%.

### Trabaja con la información (página 164)

1. Se utiliza en la medicina por sus propiedades bactericidas y antisépticas.
2. Respuesta abierta y variable. Puede mencionar en relación con lo estudiado en la Unidad; por ejemplo, en la conducción eléctrica, calórica y telefónica.
3. Respuesta abierta y variable. Es importante que mencionen la idea de que al utilizar el cobre en distintas aplicaciones, los costos de producción se reducen, ya que este mineral se extrae en nuestro país. Además, podrían fabricarse elementos como los señalados en la sección, los que se podrían exportar, generando de este modo ganancias económicas para Chile.

### Síntesis del Tema 2 (página 174)

En el siguiente orden: bajo oxidado: *extracción, chancado y molienda, electroobtención*; bajo sulfurado: *extracción, chancado y molienda, flotación, fundición, electrorrefinación*; en subproductos: *molibdeno, ácido sulfúrico*; como otros metales: *cinc, plata, oro.*

### Evaluación de proceso Tema 2 (páginas 174 y 175)

- I. 1. B. 2. C. 3. A. 4. B. 5. D. 6. E.
- II. 1. Se consideran correctas las opciones b, d y e.
2. Se obtienen 699,2 kg de hierro.
3. Respuesta abierta. En la actualidad hay una gran preocupación por la conservación de los recursos naturales, ya que es un hecho comprobado que su uso inadecuado amenaza y destruye el ecosistema. Esta preocupación se ha expresado a través del modelo de desarrollo sustentable, cuyo objetivo es armonizar el crecimiento de la economía con la protección del medioambiente y el desarrollo humano. Este modelo es reconocido y aceptado mundialmente como la única salida a los problemas ambientales generados por el crecimiento económico. Las ventajas que tiene para el ecosistema son: procurar su conservación, protegerlo y perpetuarlo para las próximas generaciones.

### Evaluación de proceso Tema 3 (páginas 186 y 187)

- I. 1. B. 2. A. 3. D. 4. C.
- II. 1. a. La reacción produce amoníaco gaseoso, que se recoge a través del tubo que lo conduce al tubo de ensayo ubicado en el interior del vaso. b. Por cada 40 gramos de NaOH se producen 17 gramos de  $\text{NH}_3$ ; si se tienen 100 g de NaOH, se formarán 42,5 gramos de  $\text{NH}_3$ . c. No, ya que para obtenerlo a gran escala se necesita una enorme cantidad de reactivos y condiciones que posibiliten el buen rendimiento de esta reacción.



El rendimiento de la síntesis de amoníaco a partir de hidróxido de sodio es menor si se compara con el rendimiento a través de la síntesis por el proceso de Haber; en el primero se obtiene un volumen teórico de 22,05 L y con el segundo 44,05 L de amoníaco ( $d = 0,771 \text{ g L}^{-1}$ ). **d.** El amoníaco tiene variados usos; por ejemplo, se utiliza en la fabricación de abono, explosivos y productos de limpieza domésticos.

2. **a.** Gráfico de solubilidad del carbonato de litio.
  - b.** Según el gráfico, a  $45 \text{ }^\circ\text{C}$  la cantidad máxima de carbonato de litio que se disuelve en 100 gramos de agua es 1,12 gramos. Por lo tanto, para lograr una solución saturada a partir de 200 gramos de agua se necesita el doble de carbonato de litio, es decir, 2,24 gramos.
  - c.** Al disminuir la temperatura, el carbonato de litio se vuelve más soluble, por lo que no precipita.

#### Trabaja con la información (página 197)

1. Las ventajas de utilizar este nuevo material tienen relación con aprovechar la luz solar, reduciendo notablemente el consumo de electricidad y mejorando la calidad de vida de los habitantes. **2.** Porque la utilización de este nuevo material terminaría con los muros opacos y rígidos existentes hasta ahora. De esta forma, cambiaría radicalmente la percepción, la sensación y la calidad de un determinado espacio, logrando efectos realmente mágicos. **3.** No, hoy en día solo se conoce el hormigón translúcido. Pese a los avances que se han logrado en torno a él, aún no se ha masificado, debido a su alto costo económico y compleja preparación.

#### Síntesis del Tema 4 (página 198)

De superior a inferior y de izquierda a derecha: *caolín, conformado, revestimiento; carbonatos; vidrio de plomo, vidrio de borosilicato; arcillas; clinkerización, envasado y distribución.*

#### Evaluación de proceso Tema 4 (páginas 198 y 199)

- I. **1.** E. **2.** D. **3.** B. **4.** A. **5.** E.
- II. **1.** D. Vidrio de borosilicato. C. Vidrio de soda-cal. B. Vidrio de cuarzo. A. Vidrio de plomo.
  - 2.** Todos los vidrios poseen la misma estructura base, que está dada por el óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ). Sin embargo, para lograr distintas propiedades y usos, a su composición química original se le agregan diferentes compuestos; por ejemplo, en el caso del vidrio de borosilicato se utilizan óxidos de boro y aluminio; al vidrio de plomo se le adiciona óxido de plomo. En el caso del vidrio de cuarzo, se utiliza el óxido de silicio en forma de cuarzo; el vidrio de soda-cal, el óxido de silicio se extrae directamente de la arena.

Vidrio	Método de obtención
Vidrio de borosilicato	Moldeado: moldear la mezcla fundida y aplicar aire comprimido.
Vidrio de soda-cal	Moldeado.
Vidrio de cuarzo	Colado: el vidrio fundido se esparce en moldes. Se deja enfriar y solidificar.
Vidrio de plomo	Prensado: cuando el vidrio está en su punto máximo de fusión, se vacía en moldes metálicos y se prensa.

#### Evaluación final (páginas 204, 205 y 206)

- I. **1.** D. **2.** E. **3.** B. **4.** E. **5.** E. **6.** D. **7.** A. **8.** C.
- II. **1. a.** Para fabricar un ampollita se debe utilizar un vidrio que conduzca débilmente el calor, con el objeto de evitar un sobrecalentamiento del material. Para ello se emplea el vidrio de óxido. El vidrio de sílice se usa en la fabricación de vasos, ya que no se requieren propiedades específicas. Por último, para elaborar ollas se utilizan vidrios de borosilicato, porque resisten cambios bruscos de temperatura. **b.** El óxido de boro modifica las propiedades del vidrio; lo vuelve más resistente a las variaciones de temperatura. **c.** Mientras menor es la diferencia entre las conductividades térmicas a bajas y altas temperaturas, mayor es la resistencia del vidrio. **d.** El vidrio de borosilicato, porque posee un rango promedio de diferencias de conductividad térmica, de  $0,3 \text{ Wm}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

## ÍNDICE TEMÁTICO

2. En el proceso de electrorrefinación, un ánodo de cobre de 99,7% de pureza se purifica y se obtiene un cátodo de cobre de 99,99% de pureza. Las reacciones involucradas son: ánodo  $\text{Cu} \longrightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$ , y en el cátodo,  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}$ .
3. **a.** La ecuación balanceada es  $\text{Cu}_2\text{S}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \longrightarrow 2 \text{Cu}_{(s)} + \text{SO}_{2(g)}$ . **b.** La relación estequiométrica entre los reactantes es de 1:1. La de los productos es 2:1. **c.** El rendimiento de la reacción es de 32,6%. Por cada 159 gramos de  $\text{Cu}_2\text{S}$  se forman 127 gramos de cobre. Por lo tanto, por cada 1500 gramos de  $\text{Cu}_2\text{S}$  se originan 1198,1 gramos de cobre, que corresponden al 100%, y los 415 gramos equivalen al 32,6% de rendimiento. Datos **PM  $\text{Cu}_2\text{S}$** : 159 g mol<sup>-1</sup>; **PM Cu**: 63,5 g mol<sup>-1</sup>.
4. **a.** Al disminuir la temperatura, ambas sales se vuelven menos solubles en agua y, por lo tanto, precipitan. **b.** La lixiviación es un proceso hidrometalúrgico cuyo objetivo es aumentar la concentración y purificación de las soluciones. **c.** El salitre se utiliza como fertilizante, en la fabricación de explosivos y en la industria farmacéutica. **d.** El método de Haber se emplea en la obtención de amoníaco, que es el precursor inicial para la formación de nitrato de sodio. El amoníaco se produce por la reacción de hidrógeno y nitrógeno gaseoso a altas temperaturas y presiones.
5. **a.**  $\text{CaCO}_{3(s)} \longrightarrow \text{CaO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$  **b.**  $\text{CaO}_{(s)} + \text{SiO}_{2(s)} \longrightarrow \text{CaSiO}_3$
- III. 1. La reacción ocurre de manera espontánea a los 850 °C; el  $\Delta G$  tiene un valor de  $-1,77 \text{ kJ mol}^{-1}$ . La reacción a 750 °C no transcurre de forma espontánea, pues el  $\Delta G$  es igual a  $+14,2 \text{ kJ mol}^{-1}$ .
2. Sí, debido a que se requieren altas temperaturas en el proceso. Algunos compuestos son resistentes a esas temperaturas. Con el uso de catalizadores, sobre todo metálicos, se busca disminuir la energía de activación del proceso, con lo que el gasto energético y el tiempo de reacción se reducen considerablemente.
3. Algunos de los problemas ambientales provocados por la industria minera son: alteraciones en el pH del suelo por la extracción de minerales, y lluvia ácida ocasionada por los gases que se liberan a la atmósfera en los procesos de fundición, entre otros.
- El ácido sulfúrico tiene un gran poder oxidativo, y además, al reaccionar con otras sustancias, puede formar sulfatos; todo esto lo hace un compuesto factible de ser reutilizado.

## Índice temático

### A

Acero, 166, 168  
 Ácido nucleico, 15, 55, 60, 83  
 Ácido nucleico,  
   estructura cuaternaria, 73  
   estructura primaria, 62, 72  
   estructura secundaria, 62, 72  
   estructura terciaria, 62, 73  
 Ácido sulfúrico, 163, 180  
 Adición, 24, 26  
 Almidón, 54, 58, 82  
 Aminoácidos, 67, 68, 69, 70, 73, 76,  
   78  
 Amoníaco, 183, 187  
 Anfótero, 69

Azufre, 23, 42, 73, 179

### B

Baquelita, 31, 33  
 Base nitrogenada, 60, 61, 62, 83  
 Biolixiviación, 163  
 Biopolímero, 15, 55  
 Bomba A, 133  
 Bomba de neutrones, 133  
 Bomba H, 133  
 Bronce, 160

### C

Carbonión, 27  
 Carbocatión, 26

Carbohidratos, 56  
 Carbono-14, 113  
 Carga eléctrica, 97, 106  
 Catalasa, 79  
 Caucho, 17, 23  
 Celulosa, 54, 56, 58, 83  
 Cemento, 194, 195, 201  
 Central nuclear, 126  
 Cerámica, 188, 189, 201  
 Cinc, 160, 170  
 Cobre oxidado, 160, 161  
 Cobre sulfurado, 160, 162  
 Cobre, 160  
 Condensación, 24, 30, 31, 70  
 Conformado por vacío, 36

Contador Geiger, 103

Copolímero, 18

al azar, 18

alternado, 18

en bloque, 18

inertado, 18

## D

Datación radiactiva, 113

Decaimiento radiactivo, 104, 111

Desnaturalización, 76, 82

Deuterio, 96, 124

Disacáridos, 56, 57

## E

Efecto estérico, 70

Elastómeros, 25

Emisión alfa, 104, 105, 109

Emisión beta, 104, 105, 109

Emisión gamma, 104, 106, 108, 116

Enlace peptídico, 70, 71

Enzimas, 78, 79

Estado nativo, 76

Estructura atómica, 95

Etano, 13

Etileno, 28

## F

Factor cinético, 154

Factor estequiométrico, 154

Factor termodinámico, 154

Fisión nuclear, 121, 122, 123, 126

Flotación, 162

Fosfato, 60

Fructosa, 57, 83

Fuerza atractiva, 97, 121

Fuerza repulsiva, 105, 121

Fuerzas intermoleculares, 14, 16

Fusión nuclear, 121, 124

## G

Galactosa, 57

Ganga, 159

Glucosa, 56, 57, 58

## H

Hierro, 166, 167

Homopolímero, 18

## I

Iniciación, 27, 28

Iniciador, 24

Ionización, 108

Isotáctico, 26

Isótopos, 96, 102, 104, 111, 121, 124, 131

## K

Kevlar, 32, 33

## L

Ley de velocidad, 110

Ley del mineral, 159

Litio, 177, 178

Lixiviación, 161

## M

Macromolécula, 15, 18, 55

Manganeso, 170

Mena, 159

Metano, 13

Minerales, 151

metálicos, 152, 200

no metálicos, 152, 201

primarios, 151

secundarios, 151

Modelo atómico, 94

Molibdeno, 163

Monómero, 15, 18, 24, 29, 33, 55

Monosacáridos, 56, 57

## N

Nailon, 30, 33, 66

Neutrón, 96, 105, 121, 122

Nucleones, 95

Núcleo objetivo, 130

Núcleo, 95, 97, 105, 122, 124

Núclido, 96

Número atómico, 96, 105

Número másico, 96, 105

## O

Oro, 171

## P

PEAD, 16, 37

PEBD, 16, 37

PET, 30, 33, 37

Plata, 171

Poder ionizante, 107, 108

Poliamidas, 30

Poliéster, 17, 30

Poliétileno, 15, 16, 17, 29

Polimerización, 24

aniónica, 24, 27

catiónica, 24, 26

radicalaria, 24, 28

Polímeros, 14, 15, 17, 23, 24, 31

biodegradables, 38

oxo-biodegradable, 38

lineal, 16

natural, 17, 23

ramificado, 14, 16

sintéticos, 17, 25

Polipéptidos, 67, 70, 73

Polipropileno, 26, 29, 37

Polisacáridos, 56, 58

Positrón, 105

Proteínas, 15, 55, 63, 67, 72, 76, 78

Protón, 95, 96, 105

Punto de ataque, 16

Punto isoelectrónico, 69

PVC, 27, 29, 37

## Q

Quitina, 54

## R

Radiaciones, 107

alfa, 107, 116

beta, 107, 116

gamma, 107, 116

Radiación UV, 116

Radiactividad, 102, 103

inducida, 121

natural, 102, 121

Rayos X, 106, 107, 116, 117

Reacción en cadena, 123

Resinas, 31

Ruptura homolítica, 28

## S

Salitre, 181, 182

Salmueras, 177

Series radiactivas, 109

Siliconas, 31, 33

Sitio activo, 78

Sólidos amorfos, 151

Sólidos cristalinos, 151

## T

Teflón, 21, 43

Termoestables, 25, 43

Termoplásticos, 25, 43

Traducción, 63

Transcripción, 63

Transmutación nuclear, 120, 130

Trazadores, 131

## U

Uniones intermoleculares, 76

## V

Vaciado, 36

Vida media, 111

Vidrio, 190, 191, 192, 193, 201

Vulcanización, 23

## Y

Yodo, 184, 185

## BIBLIOGRAFÍA Y AGRADECIMIENTOS

### Bibliografía

1. Barrow, G. (1975). *Química general*. Barcelona: Reverté S.A.
2. Brown, L. (2004). *Química, la ciencia central*. (9ª edición). Ciudad de México: Pearson.
3. Chang, R. (2007). *Química*. (9ª edición). Ciudad de México: McGraw-Hill.
4. Chemical Society. (2005). *Química, un proyecto de la American Chemical Society*. (1ª edición). Barcelona: Reverté.
5. Hart, H. (2007). *Química orgánica*. Santiago: McGraw-Hill.
6. Hein, M. (1992). *Química*. Ciudad de México: Editorial Iberoamericana.
7. Kotz, P. y Treichel, M. (2005). *Química y reactividad química*. (6ª edición). Ciudad de México: Ediciones Thomson.
8. Lehninger, A. (1995). *Principios de Bioquímica*. (2ª edición). Barcelona: Ediciones Omega.
9. Mc Murry, John. (2004). *Química orgánica*. (6ª edición). Ciudad de México: Editorial Thomson.
10. Petrucci, R. y Harwood, W. (1999). *Química general*. (7ª edición). Madrid: Prentice Hall.
11. Petrucci, R. (1986). *Química general*. Bogotá: Editorial Fondo Educativo Interamericano.
12. Solomon, B. y Ville, M. (1996). *Biología*. Ciudad de México: Interamericana McGraw-Hill.
13. Whitten, K., Davis, R. y Peck, M. (1999). *Química general*. (5ª edición). Madrid: McGraw Hill.

### Agradecimientos

Conama, por fotografía de la página 11.

Codelco, por fotografía de la página 164.