

# Química

Programa de Estudio  
Cuarto Año Medio





**Química**  
**Ciencias Naturales**

**Programa de Estudio**  
**Cuarto Año Medio**



Química / Ciencias Naturales  
Programa de Estudio, Cuarto Año Medio, Formación General  
Educación Media, Unidad de Curriculum y Evaluación  
ISBN 956-7933-93-6  
Registro de Propiedad Intelectual N° 123.097  
Ministerio de Educación, República de Chile  
Alameda 1371, Santiago  
Primera Edición 2001  
Segunda Edición 2004

Santiago, noviembre de 2001.

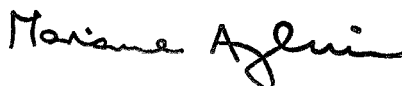
Estimados profesores y profesoras:

EL PRESENTE PROGRAMA DE ESTUDIO de Cuarto Año Medio de la Formación General ha sido elaborado por la Unidad de Currículum y Evaluación del Ministerio de Educación y aprobado por el Consejo Superior de Educación, para ser puesto en práctica, por los establecimientos que elijan aplicarlo, en el año escolar 2002.

En sus objetivos, contenidos y actividades busca responder a un doble propósito: articular a lo largo del año una experiencia de aprendizaje acorde con las definiciones del marco curricular de Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios de la Educación Media, definido en el Decreto N° 220, de mayo de 1998, y ofrecer la mejor herramienta de apoyo a la profesora o profesor que hará posible su puesta en práctica.

Los nuevos programas para Cuarto Año Medio de la Formación General plantean objetivos de aprendizaje de mayor nivel que los del pasado, porque la vida futura, tanto a nivel de las personas como del país, establece mayores requerimientos formativos. A la vez, ofrecen descripciones detalladas de los caminos pedagógicos para llegar a estas metas más altas. Así, al igual que en el caso de los programas del nivel precedente, los correspondientes al Cuarto Año Medio incluyen numerosas actividades y ejemplos de trabajo con alumnos y alumnas, consistentes en experiencias concretas, realizables e íntimamente ligadas al logro de los aprendizajes esperados. Su multiplicidad busca enriquecer y abrir posibilidades, no recargar ni rigidizar; en múltiples puntos requieren que la profesora o el profesor discierna y opte por lo que es más adecuado al contexto, momento y características de sus alumnos y alumnas.

Los nuevos programas son una invitación a los docentes de Cuarto Año Medio para ejecutar una nueva obra, que sin su concurso no es realizable. Estos programas demandan cambios importantes en las prácticas docentes. Ello constituye un desafío grande, de preparación y estudio, de fe en la vocación formadora, y de rigor en la gradual puesta en práctica de lo nuevo. Lo que importa en el momento inicial es la aceptación del desafío y la confianza en los resultados del trabajo hecho con cariño y profesionalismo.



MARIANA AYLWIN OYARZUN  
Ministra de Educación



Presentación	9
Objetivos Fundamentales Transversales y su presencia en el programa	13
Objetivos Fundamentales	16
Cuadro sinóptico: unidades, contenidos y distribución temporal	17
<b>Unidad 1: Polímeros sintéticos y naturales</b>	18
Actividades	20
<b>Unidad 2: Fenómenos nucleares y sus aplicaciones</b>	42
Actividades	44
<b>Unidad 3: Procesos químicos industriales</b>	62
Actividades	64
Anexo 1: Ejemplos de actividad de evaluación	77
Anexo 2: Normas de seguridad en el laboratorio químico	95
Glosario	99
Bibliografía	103
Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios Primer a Cuarto Año Medio	107





## Presentación

CON ESTE PROGRAMA DE QUÍMICA, para Cuarto Año Medio, Formación General, culmina la educación escolar en el subsector y en su desarrollo se enfatiza:

- Privilegiar aplicaciones y profundización de los conocimientos y destrezas por sobre la adquisición de nuevos conocimientos.
- Integrar los aprendizajes con los presentados en los programas de Química de los años anteriores.
- Lograr una mayor integración de la química con los subsectores de Física y Biología.
- Contextualizar en mayor medida los contenidos del programa con temas y situaciones de la vida cotidiana.

### Organización del programa

El programa se ha dividido en tres unidades:

- Polímeros sintéticos y naturales.
- Fenómenos nucleares y sus aplicaciones.
- Procesos químicos industriales.

Este programa de formación general y el correspondiente programa diferenciado cierran así la formación escolar de química y la articulan, estableciendo múltiples nexos:

- La Unidad *Polímeros sintéticos y naturales* conecta la química orgánica con la biología, a través de la bioquímica. Puesto que la química orgánica está presente en todos los programas de Química, desde 1º a 4º Medio, esta primera unidad es un importante medio integrador;
- el programa diferenciado de química, por otra parte, relaciona la química orgánica y estructural con la bioquímica y, en general, con las ciencias de la salud;

- la Unidad *Fenómenos nucleares y sus aplicaciones* establece vínculos entre la química y la física y las ciencias de la salud (radioterapia, uso de los isótopos en medicina, etc.) y es un contrapunto a la inmutabilidad de los núcleos en las reacciones químicas comunes que, además, está en concordancia con los delineamientos del programa diferenciado de química para 4º Año de Educación Media, que relaciona la química con la física y con las aplicaciones tecnológicas en ambos campos;
- finalmente, la Unidad *Procesos químicos industriales* integra disciplinas que clásicamente se denominan química orgánica e inorgánica. Por otra parte, se profundizan algunos aspectos del programa de Química de 1º Año Medio, en especial la unidad “Los procesos químicos”, marcando un énfasis especial en la estequiometría y en las reacciones redox, temas de gran importancia que cruzan los programas de 2º, 3º y 4º Año de Educación Media.

La **Unidad 1** se centra en el estudio de los *polímeros sintéticos y naturales*. Entre los polímeros orgánicos naturales destacan las proteínas, biopolímeros o macromoléculas que constituyen los componentes básicos de todos los seres vivos. Un lugar destacado entre las proteínas ocupan las enzimas, que catalizan todas las reacciones metabólicas. Alumnas y alumnos tendrán ocasión de conocer acerca de la estructura de las proteínas y las fuerzas que las estabilizan. Asimismo conocerán sobre la estructura de biopolímeros que juegan un importante papel en la transmisión del mensaje genético: ADN y ARN.

Los importantes avances de la biología moderna se sustentan en gran medida en la aplicación de la química al estudio de los seres vivos y al desarrollo de la disciplina de la bioquímica. La inclusión de estos enfoques en los programas escolares es de importancia fundamental.

Los polímeros sintéticos adquirieron primeramente importancia tecnológica en la obtención de las materias primas utilizadas para la fabricación de diversos materiales como baquelita, nailon, polietileno, etc. Hoy debe reconocerse, además, el gran auge de las investigaciones en torno a las relaciones entre estructura y función de los biopolímeros.

Si bien el programa no aborda el estudio de polímeros inorgánicos, es importante que alumnas y alumnos conozcan de manera general que los elementos inorgánicos también forman polímeros. Tal es el caso de las silicinas, polímeros sintéticos que están formados por cadenas poliméricas cuya estructura básica consiste de enlaces Si-O, análogos a los de la sílice o a los de los silicatos.

En la **Unidad 2** se desarrollan los *fenómenos nucleares*. Éstos, que también serán estudiados en el programa de física, han adquirido actualmente mucha relevancia en las áreas de radioquímica (uso de isótopos radiactivos para el estudio del mecanismo de reacciones químicas), radiobiología (efectos biológicos de la radiación), radiólisis (reacciones químicas inducidas por radiación de alta energía), radiomedicina que se basa en los efectos químicos de las radiaciones ionizantes, etc.

Es pertinente recordar aquí que tanto el programa de Física como el de Química tienen en 3º y 4º Año Medio un carácter optativo, de

modo que la estructura de ambos programas debe asegurar que todos los estudiantes egresen con un conocimiento mínimo de estos temas.

El énfasis en este programa está en los aspectos más relevantes de las transformaciones nucleares desde ámbitos que se relacionan más con la química que con la física.

Alumnos y alumnas conocerán de los beneficios y riesgos que las aplicaciones de los fenómenos nucleares involucran para el ser humano. Hasta ahora los estudiantes estuvieron confrontados con la química como una ciencia que estudia los cambios que ocurren en la capa electrónica de átomos y moléculas, y la inmutabilidad de los núcleos se subentendía como uno de los rasgos de los cambios químicos. Será, entonces, un hallazgo el que existan núcleos radiactivos o inestables y que sea posible inducir la ruptura de un núcleo o fisión, pero también la unión de núcleos, o fusión, para formar otros núcleos de mayor masa.

Este primer encuentro con el fenómeno de radiactividad natural y el conocimiento acerca de que la mayoría de los elementos consiste realmente de una mezcla de isótopos son hallazgos sorprendentes que podrán incentivar a los alumnos y alumnas al estudio para lograr una mejor comprensión de la estructura de la materia. Al confrontarse con estos nuevos conceptos, no sólo podrán maravillarse de la variabilidad y complejidad de la estructura del mundo material sino que además, si son adecuadamente incentivados por el docente, se aventurarán para lograr una mejor comprensión del mundo que los rodea. En esta aventura deberán, tarde o temprano, reconocer por sí mismos las limita-

ciones de la mente humana para aprehender la realidad. Este es también un objetivo importante en la formación de nuestros jóvenes: saber situarse en el mundo en la justa perspectiva.

La **Unidad 3** se aboca al estudio de los *procesos químicos de interés industrial*, particularmente aquellos que tienen mayor importancia nacional por las ventajas comparativas de nuestro país. Se deberá enfatizar el aspecto ambiental, no sólo en relación a los procesos de obtención de los productos sino que también a la explotación de los minerales y a sus usos, sean éstos finales o intermedios. En este sentido, es importante destacar el uso de procesos como el de lixiviación bacteriana, que permite el tratamiento de minerales de cobre, oro y uranio.

Es importante que en todas las unidades del programa el docente introduzca tanta experimentación relevante como sea posible. En algunos casos, principalmente en la Unidad 2, los experimentos tendrán como objetivo principal la comprensión de conceptos fundamentales.

Las actividades experimentales deben ser realizadas por grupos de dos o, como máximo, tres estudiantes. Resulta de muy escaso provecho el trabajo en grupos numerosos, ya que es materialmente imposible que todos los alumnos y alumnas intervengan activa y creativamente. Por lo general, en tales grupos un estudiante trabaja en forma activa, otro escribe y los restantes, en el mejor de los casos, se limitan sólo a observar.

La evaluación deberá ser comprendida como un proceso continuo y no necesariamente una etapa con la que se cierra una actividad. Por el contrario, parece preferible que el docente pueda detectar oportunamente dificultades

o “nudos” conceptuales que le permitan actuar remedialmente antes de comenzar con la actividad siguiente.

En el **Anexo 1** se han desarrollado actividades de evaluación, que apuntan a los aprendizajes esperados de cada una de las unidades, y que pretenden evaluar el proceso de aprendizaje a través de diversos ejemplos. Éstos han sido expuestos con cierto detalle, pero no son exclusivos y la profesora o el profesor podrá proponer otros que también le parezcan adecuados.

Con respecto a la evaluación, es importante señalar que ésta no debe centrarse en probar memorización de contenidos sino más bien en la verificación del grado de comprensión, razonamiento, y aplicación del conocimiento, es decir las habilidades que se logran a través de la indagación e investigación. La evaluación puede realizarse de diversas maneras. Además de las pruebas escritas convencionales, debe evaluarse a través de presentaciones orales, de la confección de portafolios (carpetas), de la realización de entrevistas, informes de investigación, breves resúmenes o ensayos escritos y también por la realización de actividades experimentales. La evaluación formativa es crucial para detectar dificultades durante el estudio y la evaluación sumativa contribuye a elaborar un resumen de los conocimientos adquiridos.

La evaluación debe ser un proceso natural y transparente. Por ello es importante que los estudiantes sepan desde un comienzo cómo serán evaluados y qué conocimientos, habilidades y destrezas se espera que logren.

El docente desplegará esfuerzos para que en cada actividad se desarrollen diversas formas de evaluación, incluyendo la autoevaluación

y la evaluación de pares. Ello no excluye en modo alguno formas más explícitas e integradoras de evaluación escrita u oral que podrán realizarse con la periodicidad que el docente estime conveniente, para asegurar que los aprendizajes hayan sido realmente logrados y para que, en los casos en que ello no sea así, pueda actuar remedialmente en forma oportuna.

Por otra parte, la evaluación debe propender constantemente a una integración de los conocimientos y habilidades ya adquiridas.

Se ha elaborado una pauta detallada acerca de las normas de seguridad en el laboratorio químico, las que se exponen en el Anexo 2. Es muy importante que los estudiantes lean dichas normas, que las comenten y debatan acerca de su razón de ser y que realicen algunos de los ejercicios propuestos, de modo que siempre las

tengan presentes en cada una de sus actividades experimentales. No se trata de crear aprensiones o temores en los estudiantes, sino que prever y evitar situaciones de riesgo.

En los ejemplos correspondientes a las actividades del programa se han introducido dos tipos de símbolos:



Indica que hay una observación que tiene que ver con el cuidado y preservación del medio ambiente y, en general, se relaciona con el tratamiento de residuos y su eliminación responsable.



Es un signo de precaución y llama la atención sobre posibles riesgos y la necesidad de omitir experimentos u observar ciertas medidas de seguridad para su realización.

## Objetivos Fundamentales Transversales y su presencia en el programa

LOS OBJETIVOS FUNDAMENTALES Transversales (OFT) definen finalidades generales de la educación referidas al desarrollo personal y la formación ética e intelectual de alumnos y alumnas. Su realización trasciende a un sector o subsector específico del currículum y tiene lugar en múltiples ámbitos o dimensiones de la experiencia educativa, que son responsabilidad del conjunto de la institución escolar, incluyendo, entre otros, el proyecto educativo y el tipo de disciplina que caracteriza a cada establecimiento, los estilos y tipos de prácticas docentes, las actividades ceremoniales y el ejemplo cotidiano de profesores y profesoras, administrativos y los propios estudiantes. Sin embargo, el ámbito privilegiado de realización de los OFT se encuentra en los contextos y actividades de aprendizaje que organiza cada sector y subsector, en función del logro de los aprendizajes esperados de cada una de sus unidades.

Desde la perspectiva señalada, cada sector o subsector de aprendizaje, en su propósito de contribuir a la formación para la vida, conjuga en un todo integrado e indisoluble el desarrollo intelectual con la formación ético-social de alumnos y alumnas. De esta forma se busca superar la separación que en ocasiones se establece entre la dimensión formativa y la instructiva. Los programas están contruidos sobre la base de contenidos programáticos significativos que tienen una carga formativa muy importante, ya que en el proceso de adquisición de estos conocimientos y habilidades los estudiantes establecen jerarquías valóricas, formulan juicios morales, asumen posturas éticas y desarrollan compromisos sociales.

Los Objetivos Fundamentales Transversales definidos en el marco curricular nacional (Decreto N° 220) corresponden a una expli-

cación ordenada de los propósitos formativos de la Educación Media en cuatro ámbitos: *Crecimiento y Autoafirmación Personal, Desarrollo del Pensamiento, Formación Ética, Persona y Entorno*; su realización, como se dijo, es responsabilidad de la institución escolar y la experiencia de aprendizaje y de vida que ésta ofrece en su conjunto a alumnos y alumnas. Desde la perspectiva de cada sector y subsector, esto significa que no hay límites respecto a qué OFT trabajar en el contexto específico de cada disciplina; las posibilidades formativas de todo contenido conceptual o actividad debieran considerarse abiertas a cualquier aspecto o dimensión de los OFT.

Junto a lo señalado, es necesario destacar que hay una relación de afinidad y consistencia en términos de objeto temático, preguntas o problemas, entre cada sector y subsector, por un lado, y determinados OFT, por otro. El presente programa de estudio ha sido definido incluyendo ('verticalizando') los objetivos transversales más afines con su objeto, los que han sido incorporados tanto a sus objetivos y contenidos, como a sus metodologías, actividades y sugerencias de evaluación. De este modo, los conceptos (o conocimientos) habilidades y actitudes que este programa se propone trabajar integran explícitamente gran parte de los OFT definidos en el marco curricular de la Educación Media.

El Programa de Química de Cuarto Año Medio refuerza algunos OFT que tuvieron presencia y oportunidad de desarrollo durante los años anteriores y adicionan otros propios de las nuevas unidades.

- El OFT del ámbito *Crecimiento y Au-*

*toafirmación Personal* referido a la formación y desarrollo del interés y capacidad de conocer la realidad y utilizar el conocimiento y la información, integrándolos como una culminación de logro de la educación escolar.

- Todos los OFT del ámbito *Desarrollo del Pensamiento*. En este marco, tienen especial énfasis las habilidades de investigación y el desarrollo de formas de observación, razonamiento y de proceder características del método científico, así como las de exposición y comunicación de resultados de actividades experimentales o de indagación. Adicionalmente, en las actividades experimentales que el programa plantea, se destaca en especial la formación de hábitos de rigurosidad en el trabajo de observación y medición, y de flexibilidad y creatividad en la formulación de preguntas hipótesis.
- El OFT del ámbito *Persona y su Entorno* referido a la protección del entorno natural y sus recursos como contexto de desarrollo humano. El programa plantea el conocimiento de la química como una herramienta valiosa para la comprensión de la relación entre el ser humano y su entorno, así como de los procesos que ocurren en la naturaleza. Un lugar destacado ocupa la prevención de riesgos, según se desarrolla en el Anexo 2. Ello no es un compendio de reglas que deban ser seguidas ciegamente, sino que un tema de reflexión y debate que permita a alumnas y alumnos comprender cuál es la razón de ser de cada una de las recomendaciones y actividades que allí se plantean.
- En todas las unidades se pretende que los

estudiantes identifiquen las múltiples relaciones de la ciencia con la vida cotidiana (uso de las tecnologías nucleares en la industria y en la medicina, los procesos químicos industriales y su importancia para el bienestar del ser humano, la producción de energía nuclear, los polímeros naturales y sintéticos y su relevancia en la bioquímica y en la industria de los plásticos, etc.) y entiendan, de manera elemental, que todos los procesos naturales tienen una dinámica cuyo estudio puede ser abordado por la ciencia.

Además, el programa se hace cargo de los OFT de Informática incorporando en diversas actividades y tareas la búsqueda de información a través de redes de comunicación, la selección y empleo de software.

Junto a lo señalado, el programa, a través de las sugerencias al docente que explicita, invita a prácticas pedagógicas que realizan los valores y orientaciones éticas de los OFT, así como las definiciones sobre habilidades intelectuales y comunicativas. En el ámbito de la formación ética ello se expresa a través de:

- La seriedad y exhaustividad en el estudio de todos los antecedentes que preceden al inicio de un trabajo de investigación.
- El respeto por la vida en cualquiera de sus formas.
- La honestidad en la presentación y discusión de todos los resultados.
- La humildad en reconocer abiertamente que nadie es poseedor de la verdad y que el conocimiento de todo ser humano es limitado e imperfecto.



## Objetivos Fundamentales

Los alumnos y alumnas desarrollarán la capacidad de:

1. Conocer aspectos básicos en relación a la estructura, obtención y aplicaciones de polímeros sintéticos.
2. Relacionar la composición química de polímeros naturales con su estructura y su rol biológico.
3. Reconocer las consecuencias de las tecnologías nucleares (uso de isótopos y de la radiación) sobre la vida de las personas en diversos ámbitos.
4. Distinguir entre los procesos de fisión y fusión nuclear.
5. Comprender los fundamentos químicos de procesos industriales significativos.
6. Valorar la contribución de la metalurgia a la economía nacional.



## Unidades, contenidos y distribución temporal

### Cuadro sinóptico

Unidades		
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Polímeros sintéticos y naturales	Fenómenos nucleares y sus aplicaciones	Procesos químicos industriales
Contenidos		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Concepto de polímero. Formación de polímeros de adición. Descubrimiento y aplicaciones comerciales de algunos polímeros. Caucho sintético y natural. Vulcanización.</li> <li>Composición de péptidos: aminoácidos esenciales. Estructura y propiedades de péptidos y polipéptidos. Niveles de organización de proteínas. Importancia de la estructura de las proteínas en relación con su función biológica. Clasificación de las proteínas. Estructura simplificada y replicación de ácidos desoxiribonucleicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Isótopos y estabilidad nuclear. Radiactividad natural y cinética de desintegración. Conceptos de vida media y de serie radiactiva. Datación de objetos de interés arqueológico e histórico.</li> <li>Fisión y fusión nuclear. La bomba atómica y los reactores nucleares. El impacto de las tecnologías nucleares sobre la vida del ser humano, en particular sus consecuencias éticas, sociales y psicológicas. Ventajas, beneficios, peligros y amenazas de la utilización de las tecnologías nucleares en diversos ámbitos.</li> <li>Aplicación de los isótopos y de la radiación a la medicina, agricultura e investigación química y bioquímica. Efectos de la radiación sobre los seres vivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuentes de materias primas en la hidrósfera, litósfera y biosfera para algunos procesos industriales.</li> <li>Estudio de los procesos de obtención de los metales cobre, hierro y litio y de los no metales yodo y azufre a partir de sus minerales. Obtención de ácido sulfúrico. Reacciones químicas involucradas en los procesos anteriores y sus aspectos estequiométricos, termodinámicos y cinéticos. Estudio del valor agregado en la purificación de los metales hierro y cobre. Aceros.</li> <li>Procesos industriales de algunos materiales de uso masivo.</li> <li>Materias primas principales y los procesos básicos de obtención del vidrio, cemento y cerámica.</li> <li>Fabricación de polímeros sintéticos: polietileno, nailon y siliconas.</li> <li>Aspectos elementales de la cinética de estas reacciones. Uso de catalizadores.</li> </ul>
Tiempo estimado		
11 semanas	10 semanas	11 semanas



## Unidad 1

# Polímeros sintéticos y naturales

### Aprendizajes esperados

Los alumnos y alumnas:

- Reconocen las estructuras de polímeros orgánicos y las unidades que intervienen en su formación.
- Comprenden cómo ocurre la formación de polímeros a través de una adición electrofílica.
- Distinguen las diversas propiedades físicas de materiales poliméricos y comprenden sus aplicaciones en la elaboración de materiales de uso común.
- Identifican aspectos estructurales relacionados con la composición y organización de las proteínas.
- Comprenden el rol biológico de ciertas proteínas en función de sus estructuras.
- Reconocen las estructuras de los ácidos nucleicos y sus funciones en el mensaje genético.

### Conceptos estructurantes de la unidad

- monómero;
- polímero;
- reacción de polimerización;
- plástico;
- ácido desoxiribonucleico, ADN;
- estructuras primaria, secundaria y terciaria de una proteína;
- ácido ribonucleico, ARN;
- aminoácido;
- polipéptido;
- enlace peptídico;
- vulcanización.

### Orientaciones didácticas

Como una forma de llamar la atención de los alumnos y alumnas sobre los polímeros e incentivar el estudio de esta clase de sustancias, es apropiado que observen en su alrededor y en su cuerpo, con la ayuda del docente, la presencia de polímeros sintéticos y naturales. Es fácil reconocer en el entorno fibras y plásticos elaborados a base de polímeros sintéticos, como por ejemplo prendas de vestir, bolígrafos, peinetas, etc. Observándose a sí mismos encontrarán polímeros naturales tales como las proteínas estructurales que constituyen el cabello y las uñas y podrán apreciar el funcionamiento de sus músculos, que también están constituidos por proteínas.

Se debe considerar que los polímeros son muy diversos y que tienen variadas aplicaciones, por lo que es necesario acotar su estudio considerando dos grupos de ellos: polímeros sintéticos y naturales. Ambos son de interés general; los primeros, por su común existencia en nuestro entorno, formando la base de materiales de uso doméstico; y los segundos, por su participación en procesos vitales, como es el caso de las proteínas y ácidos nucleicos.

El conocimiento básico sobre polímeros sintéticos constituye una valiosa información para que los estudiantes comprendan y reconozcan químicamente parte de su entorno. En cuanto al conocimiento sobre los rasgos fundamentales de las proteínas y ácidos nucleicos éste les permitirá entender cómo éstos se organizan a nivel molecular y asimismo cómo actúan a nivel biológico.

Así como resulta motivante para los alumnos y alumnas descubrir la presencia de polímeros en su entorno es interesante mostrarles cómo el especial talento de algunos investigadores ha contribuido en forma importante al descubrimiento de estas moléculas gigantes. Interesa que el docente destaque las ventajas y desventajas de la introducción de estos materiales en términos de su incidencia en el nivel de desarrollo de la industria química y en la contaminación del medio ambiente.

Las biomoléculas tales como proteínas y ácidos nucleicos ofrecen un interés particular para ser estudiadas. Si bien estas sustancias son de gran complejidad estructural, es apropiado representarlas en forma simplificada de manera de destacar las interacciones que determinan los correspondientes niveles de organización. Estos rasgos estructurales facilitarán también la comprensión de las formas que adoptan estas biomoléculas y también sus funciones biológicas. Es apropiado que el docente aborde también aspectos como el sitio activo y la forma en que éste interactúa con moléculas pequeñas en enzimas, transportadores o receptores. También se analizarán los cambios estructurales que experimentan las proteínas (por ejemplo, la desnaturalización) y se realizará alguna experiencia para ilustrar esta última propiedad.

Las unidades que conforman las cadenas principales de las biomoléculas se deben presentar como fragmentos unidos a través de enlaces peptídicos o amida (proteínas) y azúcar-fosfato (ADN, ARN).

## Actividades

### Actividad 1


**Indagan sobre diversos objetos de plástico confeccionados a base de polímeros.**

Ejemplo

- En grupos reúnen e identifican diferentes materiales de uso común confeccionados a base de polímeros sintéticos y naturales.
- Identifican los polímeros componentes de esos materiales por sus denominaciones tales como PE (polietileno), PEAD (polietileno de alta densidad), PPP (polipropileno), PVC (policloruro de vinilo), etc.
- Diferencian los materiales poliméricos en función de sus características físicas como por ejemplo: elasticidad, resistencia a la tracción, moldeabilidad, cristalinidad.
- Analizan las ventajas prácticas de algunos de los materiales poliméricos como sustitutos de otros materiales.

#### INDICACIONES AL DOCENTE

Se organiza el curso en grupos para llevar a cabo la búsqueda y recolección de objetos de plástico intentando reunir un conjunto representativo de estos materiales poliméricos, que dé cuenta de la relación entre sus propiedades y usos. Se sugiere que los propios alumnos deduzcan estas relaciones, como por ejemplo observando un trozo de conductor eléctrico de cobre aislado con una cubierta plástica, se constata que este objeto es flexible y el recubrimiento plástico presenta la funciones de aislante del conductor metálico, lo que facilita su manipulación evitando el riesgo de electrocución, y además actúa como protector del conductor frente a la oxidación. Un segundo ejemplo puede ser un vaso de poliestireno (plumavit®) conteniendo un líquido caliente o frío. Se observa que hay escasa transferencia de calor entre el líquido y el entorno, lo que indica que este material polimérico es un aislante eficiente comparado con otros materiales como metales o vidrio.

 Es importante que el profesor o profesora invite al debate a los estudiantes con respecto al cuidado del medio ambiente en la operación de desecho de materiales plásticos tales como bandejas y vasos de poliestireno, botellas de polietileno y polipropileno y otros materiales de desecho, particularmente en el sentido que éstos deben ser colocados en los lugares destinados a este fin y no deben ser diseminados por doquier.

Por otro lado, es importante que los alumnos y alumnas estén informados en relación al grave daño ambiental producido por la combustión de plásticos halogenados como PVC y teflón.

Es apropiado que el docente mencione que el material de los objetos de plástico se reutiliza (recicla) y este proceso se indica con un símbolo de tres flechas curvas formando un ciclo, acompañado de las siglas del polímero que constituye el plástico, como se muestra a continuación para el polipropileno.

El objetivo del reciclado es convertir productos poco resistentes y de uso masivo en objetos más permanentes. Así por ejemplo, la espuma de poliestireno se reprocessa y moldea para confeccionar muebles que se usarán a la intemperie, como los de jardín y de playa.



El docente debe destacar que los plásticos constituyen un volumen significativo de desechos domésticos y de oficina, principalmente porque la sociedad ha tardado en reciclar estos materiales en comparación con el aluminio, el vidrio y el papel. El reciclado tiene limitaciones por cuanto estos materiales se degradan en cierta medida en cada ciclo adquiriendo colores y olores indeseados.

Junto con estos comentarios acerca del impacto ambiental que puede significar la acumulación de los plásticos se debe ofrecer visiones positivas acerca de las ventajas del uso de estos materiales desde diversos puntos de vista como comodidad y seguridad.

## Actividad 2

**Describen, con fórmulas simples, las estructuras de diversos materiales poliméricos e indagan sobre el proceso de vulcanización.**

Ejemplo

- Observan estructuras de polímeros y copolímeros simples y deducen la(s) unidad(es) monomérica que se repite en forma regular en sus estructuras.
- Arman modelos de estas unidades monoméricas usando recursos materiales sencillos (greda, palitos, plasticina, etc).
- Reconocen las diversas estructuras y usos de polímeros de aplicación comercial.
- En grupos, alumnos y alumnas indagan acerca de las circunstancias en que fueron descubiertos algunos polímeros que actualmente son de uso muy difundido, como por ejemplo los del esquema 1.
- Indagan sobre la conversión del caucho en el proceso de vulcanización.
- Realizan la preparación de un polímero tipo resina por reacción de urea con formaldehído.

## Experimento

En un tubo de ensayo se introduce aproximadamente 1 g de urea seguido de una solución de ácido clorhídrico diluido (12 mL de agua + 2 mL de ácido clorhídrico concentrado). A continuación, se adiciona 1 mL de solución de formaldehído (formalina), se agita el contenido del tubo de ensayo y se deja reposar por algunos minutos. El precipitado blanco, que corresponde a la resina urea-formaldehído, se filtra con succión y se lava con abundante agua. El sólido se deja secar al aire.

Alumnos y alumnas investigan las propiedades y aplicaciones de este polímero y el docente dibuja un fragmento de su estructura.

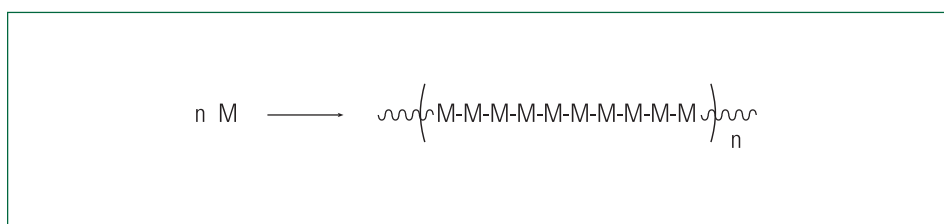
### INDICACIONES AL DOCENTE

La solución de ácido clorhídrico debe ser preparada por el docente para todo el curso.

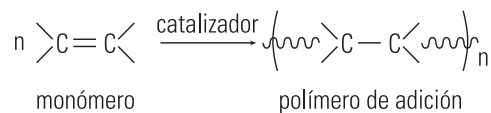
**!** Se emplea formalina comercial, que posee una concentración próxima al 30%, y el docente instruirá a los estudiantes para que eviten la inhalación de los vapores que provienen del envase, ya que la formalina es tóxica.

Se introduce el concepto químico de polímero describiéndolo como moléculas gigantes formadas por unidades iguales o diferentes de moléculas pequeñas denominadas monómeros (mero = parte). Estos monómeros se unen entre sí a través de enlaces covalentes. En una molécula de polímero pueden existir cientos y hasta miles de moléculas de monómero. La siguiente expresión representa una reacción general de polimerización de  $n$  moléculas de un monómero para dar lugar a un polímero homogéneo. El término homogéneo se refiere a la naturaleza de la unidad monomérica que en este caso es única. Cuando el polímero está formado por dos monómeros diferentes su naturaleza es heterogénea.

Figura 1. Transformación de  $n$  moléculas de un monómero en un polímero

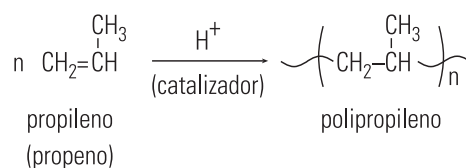


Empleando los objetos de plástico reunidos, las alumnas y alumnos indagan primeramente acerca del tipo de polímeros que los constituyen y luego averiguan sus estructuras y la de sus unidades monoméricas respectivas. Se comenta que los polímeros que están fuertemente representados en la industria de los plásticos se conocen como polímeros de adición. La formación de estos polímeros requiere un catalizador y la transformación se puede esquematizar según la siguiente expresión.



La utilización de un ácido como catalizador produce la llamada **polimerización catiónica**. Como ejemplo de esto se puede analizar la **polimerización de propileno** iniciada por un ácido, para formar **polipropileno (PPP)**.

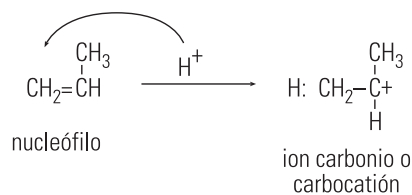
La reacción general de polimerización se expresa mediante la siguiente ecuación:



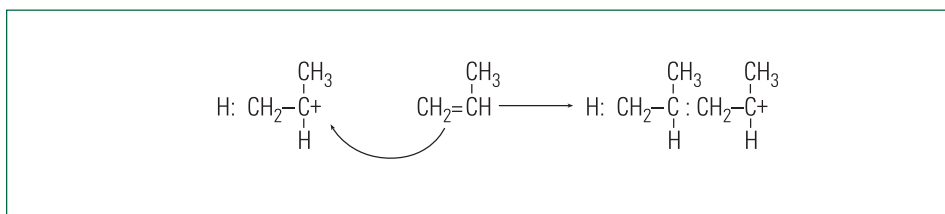
En la reacción de formación de un polímero es preciso distinguir tres etapas:

- **Iniciación:** en esta etapa se inicia la polimerización.
- **Propagación:** corresponde a una fase en que se van agregando más unidades monoméricas a la cadena polimérica, con lo que ésta aumenta su longitud.
- **Terminación:** es la interrupción del proceso de propagación y la cadena cesa de crecer.

Para simplificar, se puede definir un ácido de fórmula general HA, que está presente en muy pequeña concentración. En la primera etapa de la polimerización, conocida como *iniciación*, el ion  $\text{H}^+$  ataca electrofílicamente la zona en que se hallan los electrones del enlace doble y termina enlazándose con uno de los átomos de carbono. Esta reacción genera una especie electrofílica conocida como *ion carbonio*.

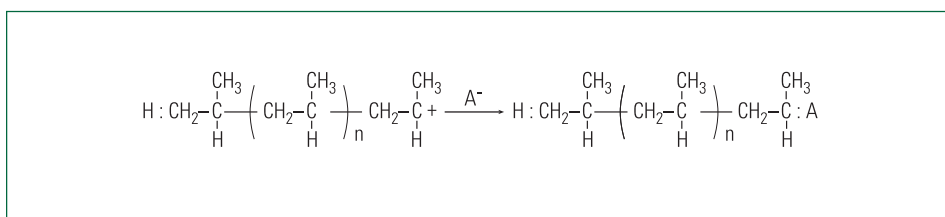


Puesto que existe una pequeña cantidad de ácido HA con respecto del alqueno, es improbable que el ion carbonio se encuentre con el anión  $A^-$  y sea neutralizado. En vez de ello, el ion carbonio ataca electrofílicamente al doble enlace de otra molécula de propileno, formando un nuevo carbocatión. Éste puede continuar el proceso de propagación adicionando sucesivamente una nueva molécula de propileno y formando así nuevos carbocationes. De este modo la longitud de la cadena polimérica crece cada vez más.



#### Esquema 1. Estructura y aplicaciones comerciales de polímeros de adición

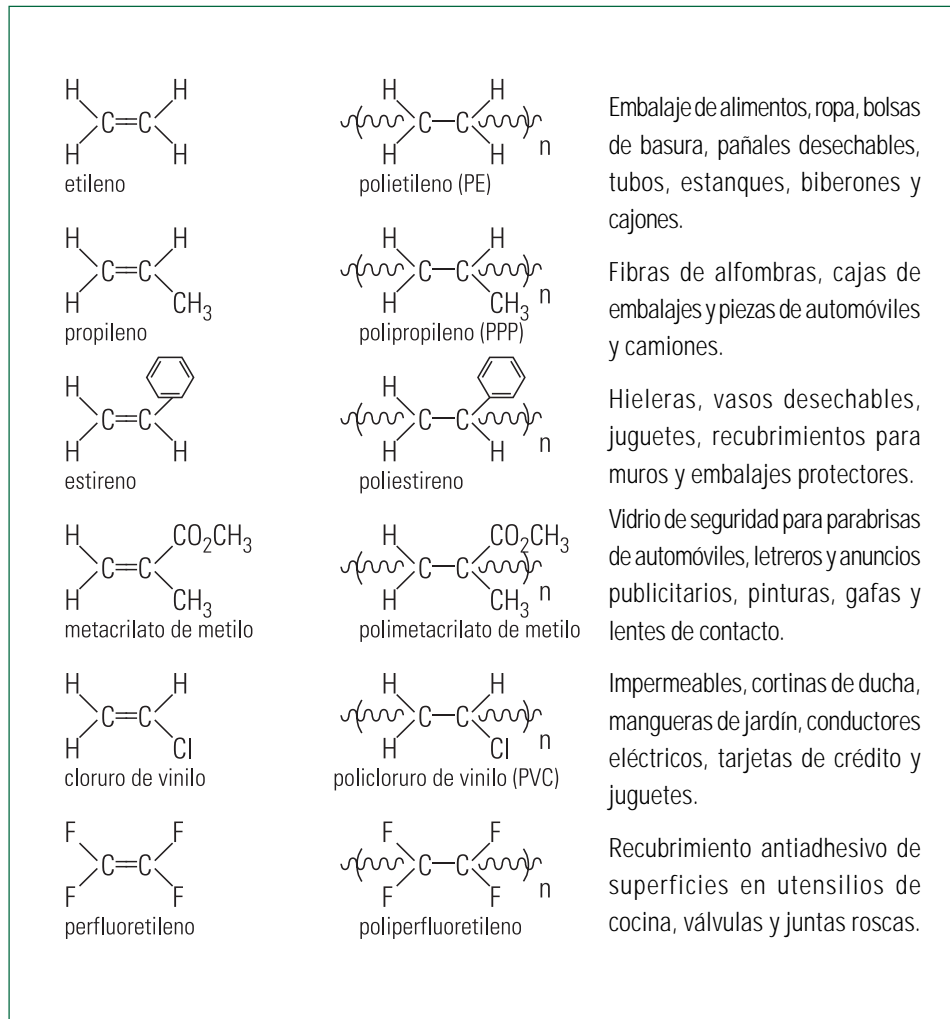
El proceso de polimerización concluye cuando el carbocatión no genera un nuevo carbocatión, sino que el proceso se interrumpe, por ejemplo, mediante la captura del anión  $A^-$  que produce la neutralización del carbocatión. Esta etapa corresponde al término de la polimerización.



El resultado neto de las etapas de este proceso es un polímero de adición en el cual el enlace doble de cada molécula de alqueno se adiciona sucesivamente a una nueva molécula de alqueno, produciendo así cadenas largas.



A continuación se indican algunos monómeros, sus correspondientes polímeros y su utilización.



#### INDICACIONES AL DOCENTE

El docente describe la estructura del caucho, la fuente natural de este polímero y algunas de sus propiedades. Apoya a los estudiantes para que descubran que el monómero, conocido bajo el nombre de isopreno, posee dos enlaces dobles en su estructura.

El descubrimiento del proceso de vulcanización por Charles Goodyear es comentado junto con la observación de las propiedades diferentes de un trozo de elástico (caucho natural) y un trozo de neumático. Se esboza, con una ilustración simple, la estructura del caucho y del caucho vulcanizado.

También es importante que los estudiantes comparen el caucho con la gutapercha, ya que si bien ambos son polímeros del isopreno su diferente disposición espacial (estereoquímica) les confiere distintas propiedades elásticas.

El experimento de formación de la resina formaldehído-urea se analiza en términos de la estructura de esta resina y sus aplicaciones.

### Actividad 3

**Analizan las estructuras de los principales aminoácidos que forman parte de las proteínas e indagan sobre su estructura dipolar y cómo se unen para formar la estructura primaria de las proteínas.**

Ejemplo

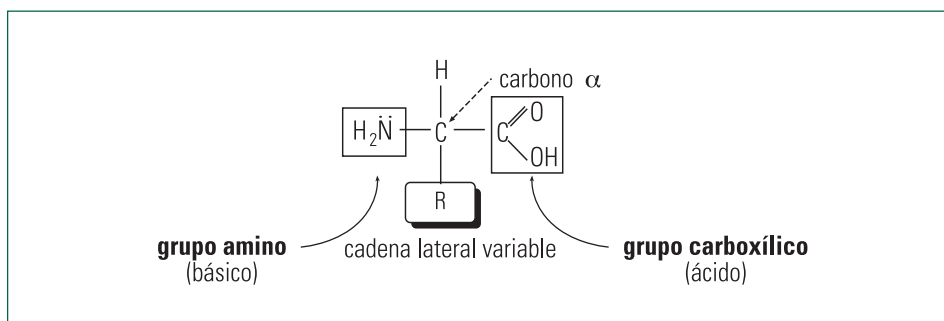
- Indagan sobre las variadas funciones de las proteínas e identifican aminoácidos encontrados en estos complejos biopolímeros. Reconocen la estructura general de algunos aminoácidos.
- Reconocen cómo se enlazan los aminoácidos para formar polipéptidos y los grupos dadores y aceptores de puentes de hidrógeno localizados en las cadenas polipeptídicas.

#### INDICACIONES AL DOCENTE

El docente relaciona esta actividad con la anterior mencionando que las proteínas también son polímeros y en este caso las unidades monoméricas son los aminoácidos naturales. Si bien los alumnos y alumnas ya saben en qué consisten los aminoácidos, es apropiado observar la estructura de algunos miembros simples de esta serie de sustancias y destacar los grupos funcionales que dan origen a su nombre general. Luego se analizan algunas de las diversas funciones que cumplen estos biopolímeros tales como: catalizadores, soporte estructural, agente de transporte, mensajeros químicos, etc.

La figura 2 muestra la estructura general de un aminoácido.

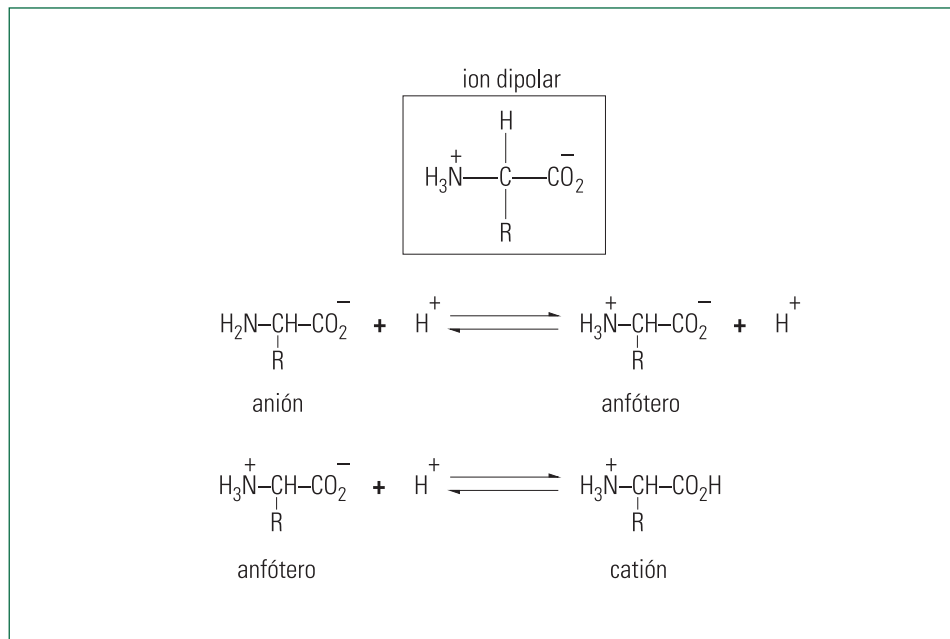
Figura 2. Estructura general de un  $\alpha$  - aminoácido natural.



Los aminoácidos exhiben algunas propiedades peculiares a su naturaleza de sustancias orgánicas. En efecto, sus puntos de fusión son superiores a 200°C, en tanto que compuestos orgánicos de pesos moleculares comparables son líquidos a temperatura ambiente. Además, los aminoácidos son solubles en agua, al igual que los compuestos de naturaleza iónica y son menos ácidos que los ácidos carboxílicos y menos básicos que las aminas.

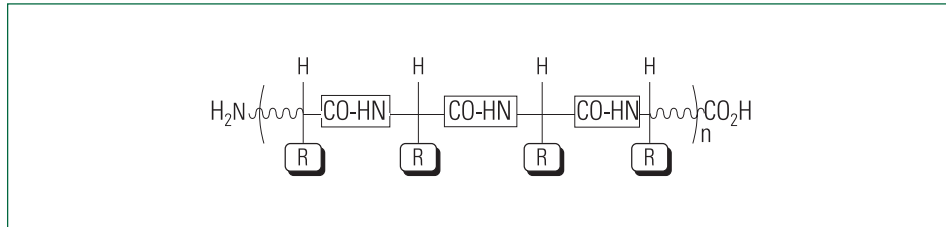
¿Por qué los aminoácidos exhiben estas propiedades no comunes? La razón es que un aminoácido contiene un grupo ácido carboxílico y un grupo básico amino en la misma molécula. El aminoácido sufre una reacción interna ácido-base, para originar un ion dipolar. Debido a las cargas iónicas resultantes, un aminoácido tiene muchas propiedades de una sal. En consecuencia la estructura de un aminoácido queda mejor representada como se ilustra en la siguiente figura, en la cual se muestra además las propiedades anfóteras de estas sustancias.

Figura 3. Estructura-dipolar y capacidad anfótera de un  $\alpha$  - aminoácido



Es muy importante centrar la atención de los alumnos y alumnas en cuanto a la forma como se encuentran unidos los aminoácidos en una determinada proteína (secuencia), destacando las características del enlace amida o enlace peptídico.

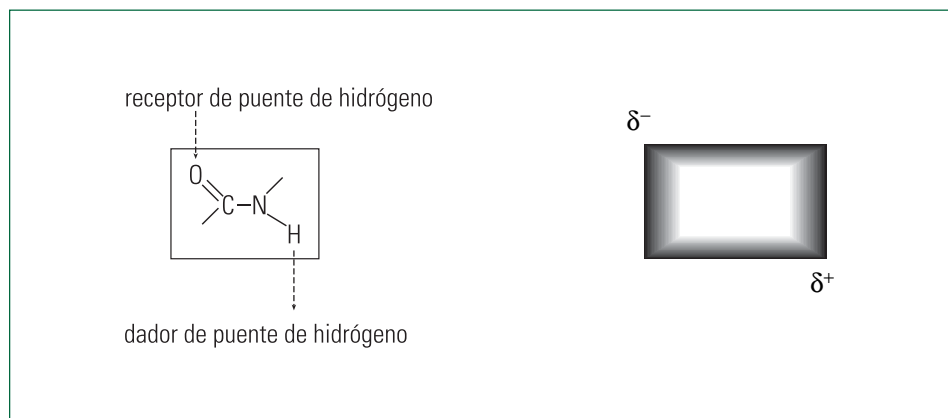
Figura 4. Estructura general de una cadena polipeptídica de una proteína



Junto con la coplanaridad de este grupo se debe enfatizar que el grupo funcional amida exhibe un átomo de hidrógeno y un grupo carbonilo que pueden interactuar con otros grupos amida a través de puentes de hidrógeno. Este aspecto estructural es central en esta unidad y en las restantes unidades del programa, puesto que explica los niveles de organización, junto a otros factores, de las proteínas y de los ácidos nucleicos.

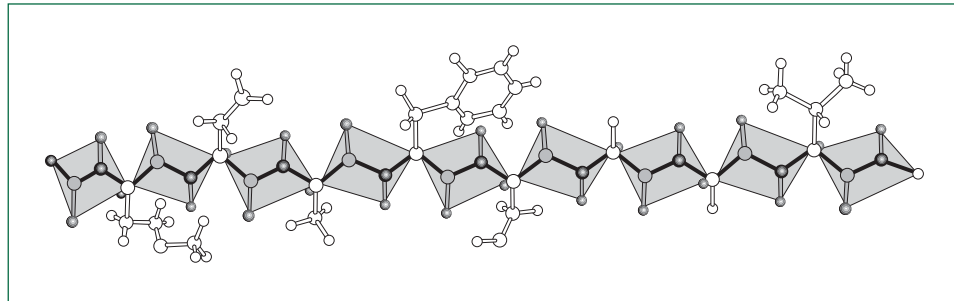
La siguiente figura representa a) la forma y polaridad del enlace peptídico y b) una placa que ilustra el enlace con los lugares en los cuales se producen las uniones tipo puente de hidrógeno.

Figura 5. Estructura química del enlace peptídico, polaridad y coplanaridad



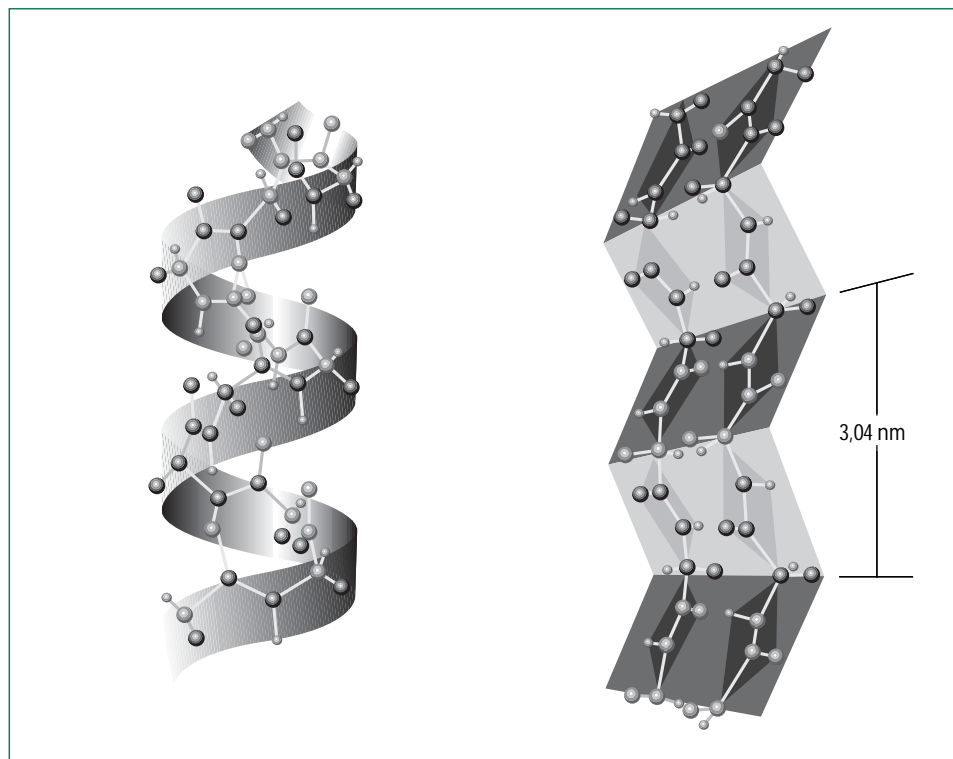
Empleando la representación del enlace peptídico como placas, se puede visualizar una proteína como una secuencia de estos fragmentos rígidos unidos por articulaciones giratorias que corresponden a los grupos que se encuentran entre las placas.

Figura 6. Cadena polipeptídica de placas planas unidas por articulaciones giratorias.



Los puentes de hidrógeno que se establecen en o entre cadenas polipeptídicas dan lugar a una categoría de organización en las proteínas conocida como *estructura secundaria*. En la siguiente figura se muestra dos tipos de estructura secundaria de proteínas denominados hélice  $\alpha$  y lámina plegada  $\beta$ ; dichas formas se encuentran estabilizadas por los puentes de hidrógenos y también por los tamaños del grupo R localizado en la articulación giratoria.

Figura 7. Estructura de hélice  $\alpha$  y lámina plegada  $\beta$  en proteínas.



#### Actividad 4

---

**Analizan la estructura secundaria de las proteínas e identifican los factores que determinan dicha estructura.**

Ejemplo

- Reconocen representaciones de modelos de estructuras secundarias de proteínas en modelos de esferas-varillas.
- Empleando bocetos de cintas (serpentina) construyen modelos de estructuras secundaria de proteínas (espirales y lámina plegada) para comprender las formas o estructuras secundarias de proteínas.
- Analizan la estructura del colágeno.

#### INDICACIONES AL DOCENTE

Puesto que no es fácil disponer de un modelo mecánico de una proteína por la gran cantidad de átomos que se requieren, los alumnos y alumnas deben observar representaciones de fragmentos polipeptídicos de proteínas construidas por medio de un programa computacional o en algún texto moderno. Resulta muy didáctico que los estudiantes construyan bocetos de proteínas empleando cintas (p.e. serpentina) las cuales, imitando la forma de estructura secundaria de una hélice derecha, les permita comprender estos niveles de organización moleculares.

De todos modos, el docente podrá recurrir a materiales simples y de bajo costo para la construcción de modelos: plasticina, greda, esferas de poliestireno expandido y palos de fósforo, mondadientes o palos de maqueta.

En estos bocetos el profesor o profesora puede analizar algunos rasgos característicos en términos del número de aminoácidos que se encuentran por cada vuelta de la cinta y cómo los grupos R se encuentran perpendiculares al eje de la espiral.

El colágeno es la proteína más abundante en el cuerpo humano. En sus diversas variedades, forma parte de la piel, huesos, dientes, ligamentos, cartílagos y tendones, constituyendo un elemento de soporte esencial. El colágeno es una triple hélice izquierda entrelazada en la cual los aminoácidos glicina y prolina son los constituyentes principales.

Figura 8. Estructura del colágeno



## Actividad 5

**Identifican la estructura terciaria de las proteínas relacionándola con sus funciones biológicas.**

Ejemplo

- Empleando bocetos de cintas reconocen los plegamientos que son posibles y que dan origen al concepto de estructura terciaria.
- Identifican aspectos físicos de algunas proteínas con sus niveles de organización.
- Discuten y analizan el concepto de sitio de unión o sitio activo de una proteína.
- A través de la desnaturalización de alguna proteína valoran la importancia de las estructuras de proteínas en relación a sus funciones biológicas.

## Experimento

En un tubo de ensayo que contiene 5 mL de agua se agrega aproximadamente 1 mL de clara de huevo y se agita. En un segundo tubo de ensayo se prepara una solución similar a la primera y luego este tubo se introduce en un vaso que contiene agua en ebullición y se deja por aproximadamente 5 minutos.

Observación: El contenido del tubo que se dejó a temperatura ambiente mantiene la proteína nativa en forma de una solución coloidal. El contenido del segundo tubo y que fue calentado en agua se transforma en albúmina desnaturalizada que posee un aspecto de semisólido, de color blanco.

### INDICACIONES AL DOCENTE

Se aborda el concepto de *estructura terciaria* de las proteínas y se menciona que este nivel corresponde a una conformación. La forma de estabilizar estas conformaciones se debe a la coexistencia de diversas interacciones entre las cadenas laterales de los aminoácidos y uniones covalentes. Entre estas interacciones se cuentan el enlace iónico y fuerzas intermoleculares de diverso tipo.

En este punto es importante que el docente señale que las fuerzas intramoleculares son de la misma naturaleza que los enlaces ya conocidos por ellos, pero normalmente mucho más débiles, y que entre ellas cabe mencionar las siguientes:

Puente de hidrógeno

Fuerzas dipolo-dipolo

Fuerzas dipolo-dipolo inducido

Fuerzas de dispersión



La interacción por puente de hidrógeno es la que más se asemeja a un verdadero enlace covalente, ya que es direccional y muestra una orientación espacial bien definida.

Las fuerzas dipolo-dipolo son interacciones que se originan entre los polos + y - de diferentes moléculas pequeñas, pero también entre diferentes partes o regiones de una gran molécula. Tienen su origen en la interacción eléctrica de sitios que poseen una deficiencia de electrones (polo +) con sitios que poseen un exceso de carga electrónica (polo -).

Las fuerzas dipolo-dipolo inducido se originan en la capacidad de un dipolo de atraer hacia sí cargas de signo opuesto y de repeler cargas de igual signo, lo que produce o induce una separación de carga en una molécula que se halla momentáneamente en su vecindad.

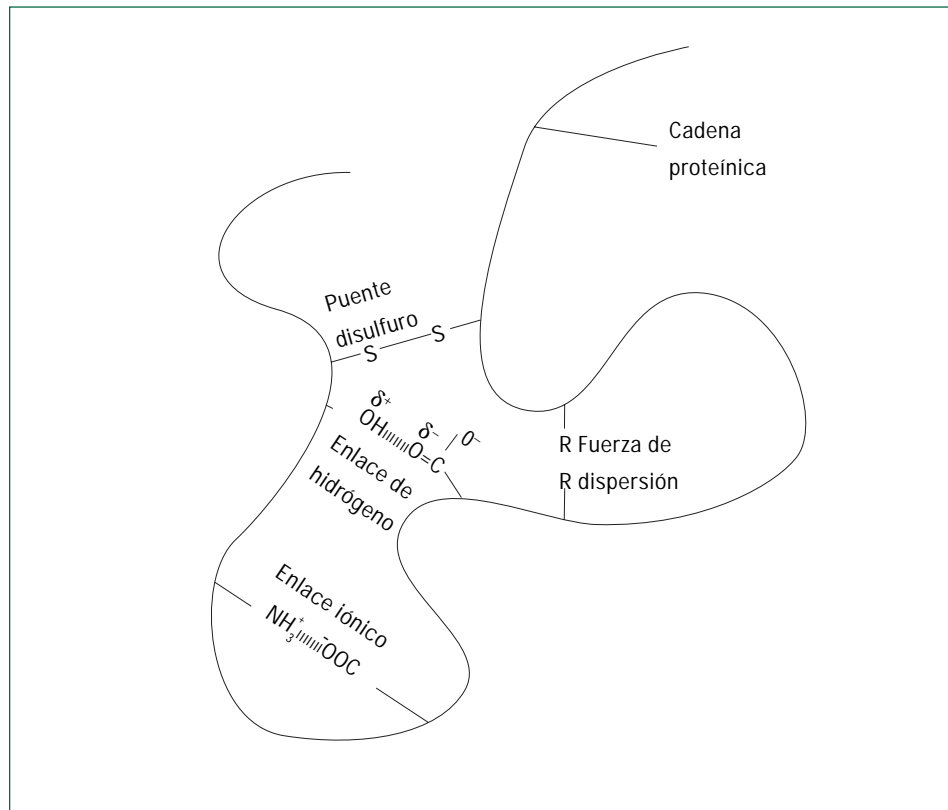
Las fuerzas de dispersión actúan entre moléculas que pueden carecer de una separación de carga, es decir no son necesariamente dipolos permanentes. Estas fuerzas se originan por la acción de núcleos y electrones de un átomo o molécula sobre otros núcleos y electrones de átomos o moléculas vecinas, lo que genera dipolos instantáneos de muy corta duración, pero que son capaces de actuar y atraerse. Ello explica que puedan licuarse gases apolares, tales como los gases nobles.

Es importante que la docente señale que las estructuras secundarias y terciarias de una proteína dependen de su estructura primaria y del medio en que la proteína se encuentra: agua modificada por la adición de otros solventes, presencia de iones de diversa carga y/o de moléculas que pueden interactuar con los grupos funcionales o cadenas hidrocarbonadas de la proteína. Muchas proteínas celulares que se hallan en las membranas son muy hidrofóbicas, o al menos tienen segmentos que lo son y de hecho se puede reconocer una proteína de membrana con sólo analizar su estructura primaria. Esto es de importancia, por las características que deben tener los transportadores para que sean químicamente afines con la membrana.

En el punto anterior la profesora o profesor estimulará a alumnos y alumnas a que piensen qué propiedades deben tener las proteínas celulares para que puedan estar contenidas en la bicapa lipídica. Aquí basta con que recuerden que las moléculas de lípidos son insolubles en agua, pero son solubles en medios hidrofóbicos como hidrocarburos. Esto es también importante por la facilidad con que las moléculas de solventes tóxicos pueden atravesar la porción lipídica de las paredes celulares de la epidermis y de los vasos capilares, pasando luego al torrente sanguíneo y repartiéndose rápidamente por el organismo. Por ello el uso de aguarrás u otros solventes a base de hidrocarburos para lavar las manos y limpiarlas de pintura es una práctica bastante riesgosa.

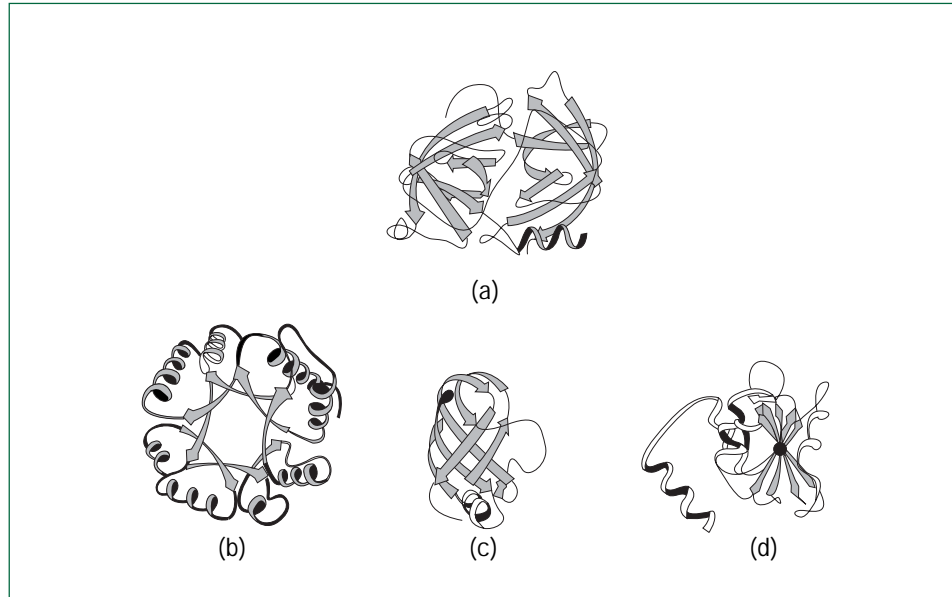
Se analizan ambos tipos de fuerzas mostrando en un modelo único estas interacciones y enlaces que determinan la estabilidad de la conformación. También se muestran algunos ejemplos de formas o bocetos que ilustran la conformación de algunas enzimas. Se recomienda visitar el sitio internet indicado en la bibliografía.

Figura 9. Cuatro fuerzas principales en moléculas de proteína



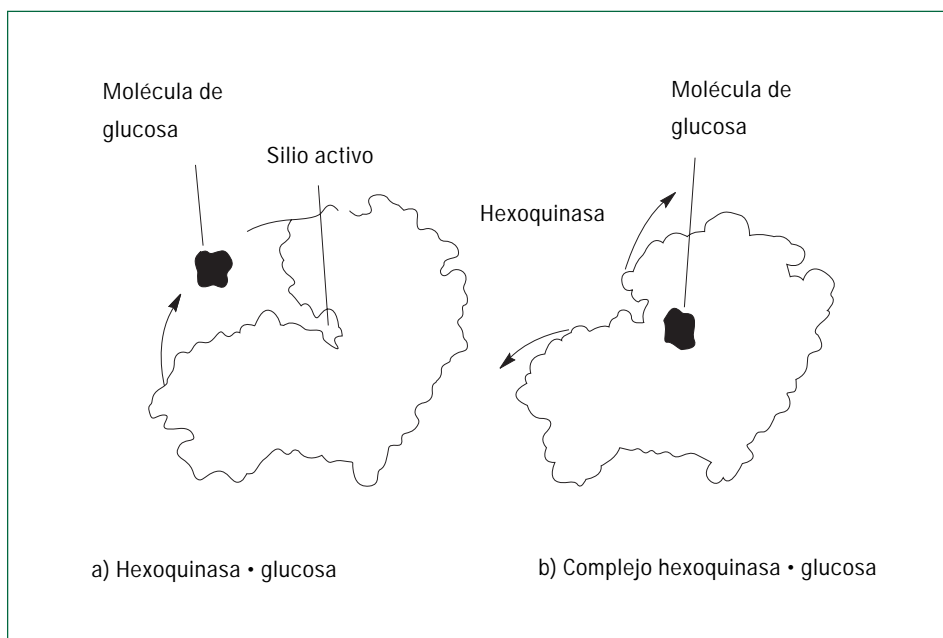
Se aborda el conocimiento sobre las enzimas como estructuras complejas constituidas por proteínas y otros grupos moleculares. Se enfatiza que estas proteínas catalizan virtualmente todas las reacciones bioquímicas y la estructura tridimensional de las enzimas es determinante en su acción específica.

Figura 10. Bocetos de cinta de estructura de proteínas: (a) enzima elastasa; (b), (c) y (d) enzima piruvato quinasa bajo tres formas o dominios



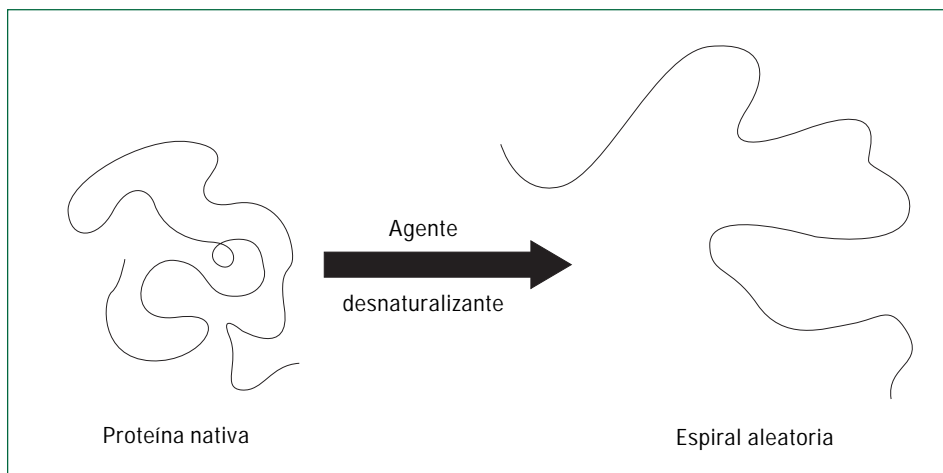
Las enzimas controlan las reacciones bioquímicas ofreciendo un entorno tridimensional a los reactivos sobre los que actúan. Toda molécula de enzima posee un sitio, denominado sitio activo, donde tiene lugar su acción catalítica. Se analiza el concepto de sitio activo de una enzima como una depresión o hendidura relativamente pequeña que posee la geometría y distribución de cargas (positivas y negativas) para unirse específicamente y en forma complementaria a un determinado sustrato. El sitio activo es el lugar donde a través del *reconocimiento molecular* ocurren las reacciones de ruptura y formación de enlaces. Una forma simple de dar a conocer este concepto es mostrar cómo la enzima hexoquinasa (Figura 11) modifica su forma, mediante cambio conformacional, para crear el sitio activo apropiado que acomoda una molécula de glucosa y luego se cierra en torno al sustrato para crear los sitios que permite atraer y retener la glucosa. En el cambio químico que ocurre posteriormente sobre la glucosa para generar el producto participan fragmentos de aminoácidos que forman parte de la proteína y zonas de la enzima.

Figura 11. Modelo de activación y acción del sitio activo de la enzima hexoquinasa



Para evaluar la importancia de la estructura de las proteínas se aborda el proceso de desnaturalización en el que ocurre una perturbación de las estructuras secundarias y terciarias (rigurosamente, también cuaternarias). Este proceso es por lo general irreversible y se ilustra, en forma simple, en la figura 12.

Figura 12. Cambio conformacional de una proteína por desnaturalización



Un experimento simple para observar el cambio irreversible de la estructura de una proteína es realizar la desnaturalización de la proteína globular del huevo (albúmina) mediante calor.

La experiencia con albúmina de huevo demuestra que el calor provoca un cambio irreversible en la estructura de la proteína que es el constituyente principal. El fenómeno se interpreta en términos de que el calor provoca un aumento de intensidad de los modos vibracionales de las moléculas, logrando destruir las uniones que son responsables de la estructura secundaria y terciaria de la proteína. Esto provoca el desenrollamiento de la molécula de proteína y los centros hidrófobos de los fragmentos aminoacídicos quedan expuestos al medio acuoso, formándose una matriz sólida por asociaciones diferentes a las de la proteína nativa. Este proceso está acompañado por un aumento de entropía y, en consecuencia, se ve favorecido por un aumento de la temperatura.

La radiación ultravioleta también provoca la desnaturalización de proteínas, al igual que el calor. Cuando ocurre una exposición intensa a la luz solar, la radiación ultravioleta desnaturaliza las proteínas del tejido de la piel, lo cual está asociado con las quemaduras del sol. Adicionalmente a ello, la luz ultravioleta produce excitación molecular y formación de radicales libres, lo que se relaciona con el daño genético producido por una exposición prolongada al sol sin protección adecuada. Dicho daño es normalmente reparado o las células defectuosas eliminadas, pero eventualmente pueden escapar a los mecanismos inmunológicos y de defensa dando origen a una línea de células anormales, que no tienen una función útil en el organismo y que se multiplican rápidamente en desmedro de las células de otros tejidos: éstas son células cancerosas.

## Actividad 6

**Analizan las estructuras simplificadas del ADN y ARN y sus funciones en la transmisión genética.**

Ejemplo

- Reconocen la estructura de doble hélice del ADN y los componentes que forman parte de cada cadena.
- Identifican el nombre de los componentes que se aparean para estabilizar la doble hélice.
- Dimensionan las estructuras de los ácidos nucleicos e identifican las formas de superespirales de las mismas.
- Reconocen la replicación del ADN.
- Reconocen el significado del término genoma.

### INDICACIONES AL DOCENTE

El docente inicia esta actividad comentando que la virtual explosión de la biotecnología en años recientes prueba ampliamente la importancia central de los ácidos nucleicos en química lo mismo que en biología. Estos biopolímeros son objeto de atención pública a causa de su potencial biológico y médico, y han generado debate en las áreas de economía, política, sociología y teología. Para entender la composición química y los niveles de organización de los ácidos nucleicos es necesario disponer de un profundo conocimiento de la química estructural de moléculas orgánicas. Sin embargo, es posible comprender en forma simple cómo se estructuran estos biopolímeros. Como lo sugiere el nombre de “ácidos nucleicos”, estos biopolímeros son de naturaleza ácida y se encuentran en el núcleo de la célula, así como en el citoplasma. La unidad fundamental del polímero es el “nucleótido”, el que se compone de una molécula cíclica orgánica con propiedades básicas (bases heterocíclicas), una molécula de hidrato de carbono (azúcar) y una de ácido fosfórico.

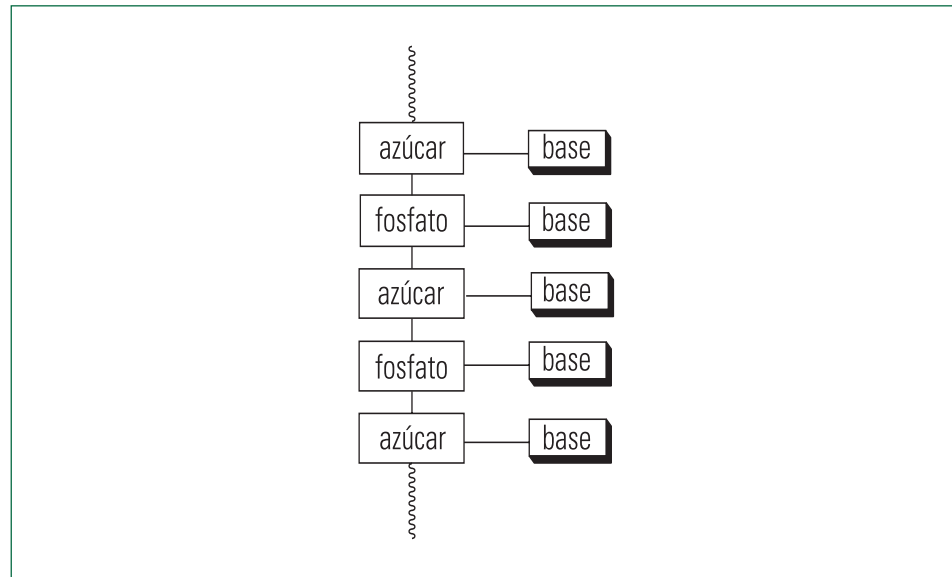
Las bases heterocíclicas comunes son cinco, y ellas se encuentran en las moléculas de ADN (ácidos desoxiribonucleicos) y en las de ARN (ácidos ribonucleicos).

A causa de la complicada estructura de los nucleótidos se usan notaciones simplificadas para representar estas estructuras.

La polimerización de los nucleótidos, catalizada por enzimas, da lugar al polinucleótido o ácido nucleico. Esos polímeros poseen una “columna vertebral” de fosfato-azúcar a la cual están unidas covalentemente las bases heterocíclicas. Es importante tener en cuenta que en el polinucleótido el ácido fosfórico,  $H_3PO_4$ , se une mediante grupos ésteres a dos moléculas de azúcar. Puesto que el ácido fosfórico es triprótico cada grupo fosfato del polinucleótido se enlaza a dos residuos de azúcar y posee un grupo OH. La elevada constante de acidez ( $K_a$ ) de este grupo le permite disociar un protón en el medio fisiológico en que se halla, produciendo así un anión. Consecuencia de ello es

que la “columna vertebral” de fosfato-azúcar tiene una elevada carga negativa y es extremadamente hidrofílica. En la figura 13 se representa esquemáticamente un fragmento de ácido nucleico.

Figura 13. Estructura simplificada de un fragmento de ácido nucleico

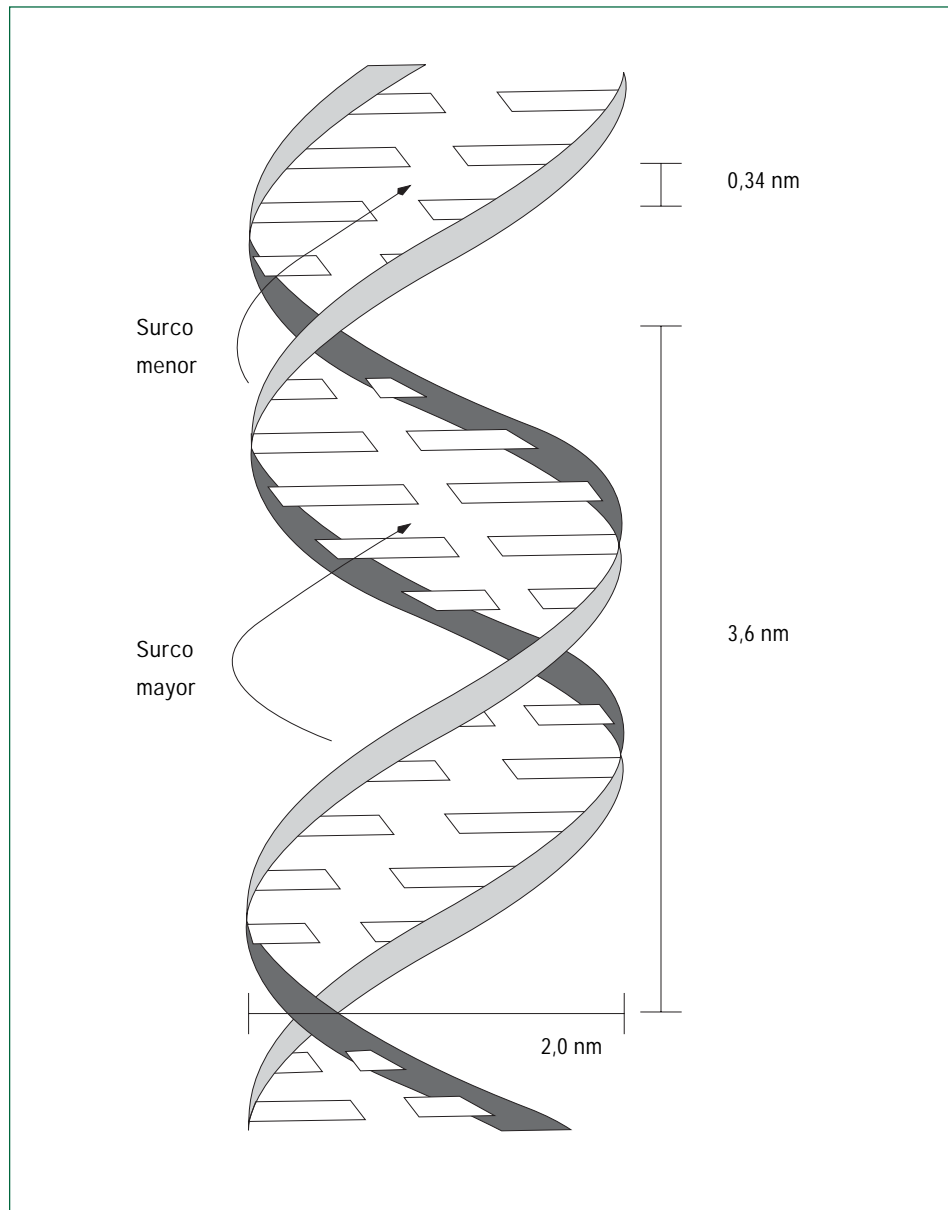


Los ácidos nucleicos, ácido desoxiribonucleico (ADN) y ácido ribonucleico (ARN), difieren estructuralmente en su cadena polimérica en cuanto a que el primero posee el azúcar desoxiribosa y el segundo la ribosa.

Las bases heterocíclicas son cinco: adenina, guanina, citosina, timina y uracilo. Las tres primeras son comunes al ADN y ARN, pero se distinguen en la cuarta base que es timina para los ADN y uracilo para los ARN.

En el ADN dos cadenas poliméricas se unen entre sí a través de puentes de hidrógeno organizándose en una doble hélice o doble filamento como se muestra en la figura 14.

Figura 14. Estructura de doble hélice del ADN

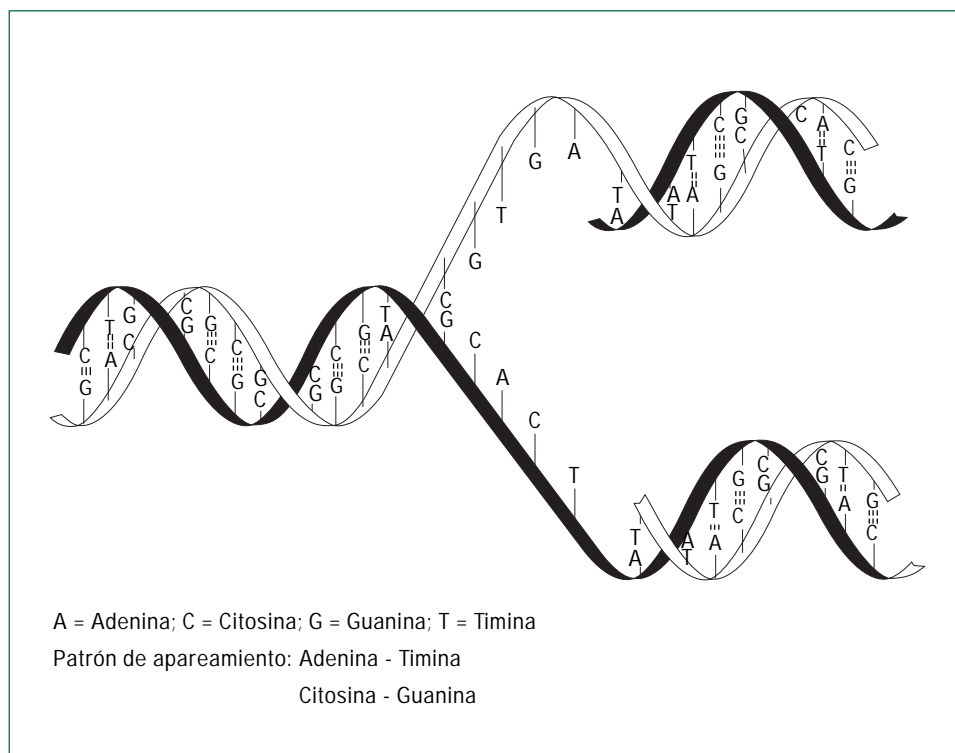


Por otra parte, el ARN se encuentra bajo forma de hebra simple. El docente analiza, en una forma elemental, la acción de transcripción del mensaje genético del ADN. Es importante en este punto que el docente precise el concepto de transcripción y señale que ésta es el proceso de síntesis de un ARN complementario a partir de ADN. Este ARN luego se usará como "molde" para sintetizar la proteína correspondiente.



Analiza luego cómo se replica el ADN destacando que este proceso es semiconservador puesto que la hélice de segunda generación se compone de un filamento padre (original del ADN) y un filamento hijo. En la replicación conservadora los filamentos padre se habrían recombinado y los filamentos hijo habrían formado una hélice doble de ADN totalmente nueva.

Figura 15. Modelo de replicación del ADN



Es importante que el docente comente que el ADN es el material hereditario o genoma y está presente en todos los organismos vivos, desde las bacterias hasta los seres humanos.



## Unidad 2

# Fenómenos nucleares y sus aplicaciones

### Aprendizajes esperados

Los alumnos y alumnas:

- Identifican los factores determinantes de la estabilidad nuclear.
- Distinguen las diferentes clases de emisiones radiactivas y sus propiedades.
- Aplican el concepto de vida media de desintegración radiactiva.
- Reconocen los principales beneficios de la utilización de tecnologías nucleares para el ser humano.
- Reconocen y evalúan los riesgos para el ser humano de las emisiones radiactivas naturales e inducidas y aprenden sobre métodos de protección.

### Conceptos estructurantes de la unidad

- isótopo;
- número másico;
- radiactividad;
- partículas  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ;
- factores de estabilidad nuclear;
- núclido;
- serie radiactiva natural;
- vida media;
- datación radiactiva;
- fisión nuclear;
- fusión nuclear;
- relación de masa-energía (Einstein).

### Orientaciones didácticas

Los fenómenos nucleares constituyen un tema que por lo general apasiona a los estudiantes. Ello podrá ser un punto de partida apropiado para que alumnas y alumnos se involucren con entusiasmo en el estudio de esta área.

Conviene llamar la atención de los estudiantes sobre ciertos rasgos de las transformaciones nucleares que contrastan con conocimientos adquiridos anteriormente y que parecen contradecir ciertos principios que han sido presentados como paradigmas de la química:

- Los átomos no son inmutables: pueden transformarse en otros y también pueden “desaparecer”.
- No se cumple la ley de conservación de la masa: en efecto, en una reacción nuclear, a diferencia de una reacción química común, hay variaciones importantes de la masa del sistema.
- Las energías puestas en juego en las reacciones nucleares pueden ser enormes: dichas energías son muy grandes respecto de las correspondientes a las reacciones químicas ordinarias. Esto se relaciona con el punto anterior a través de la relación de equivalencia masa-energía de Einstein,  $\Delta m = \Delta E/c^2$ .

Por otro lado, es muy importante que alumnas y alumnos reconozcan que ambas, la química y la física, se han apoyado mutuamente para lograr importantes avances en esta área. Así es como la química desarrolló, desde el descubrimiento de la radiactividad, métodos de separación y de análisis para detectar en forma rápida cantidades pequeñas de sustancias que contenían isótopos de vida media relativamente breve. La física, por su parte, ha contribuido grandemente a la comprensión de la estructura y estabilidad nuclear.

En este programa se enfatiza el estudio de los tipos de radiaciones y su interacción con la materia, y alumnos y alumnas deberán estar en condiciones de contestar a nivel elemental preguntas tales como:

- ¿Qué cambios o transmutaciones de los elementos ocurren en la desintegración radiactiva?
- ¿Cómo se explican estas transmutaciones desde el punto de vista de la estabilidad nuclear?
- ¿Cómo produce cambios químicos la radiación de alta energía?
- ¿Por qué la radiación puede inducir cáncer?
- ¿Cómo se entiende que se utilice la radiación para el tratamiento del cáncer?
- ¿Por qué el radón involucra un peligro para la salud humana?
- ¿Por qué fumar encierra un riesgo adicional, aparte del efecto tóxico de los cientos de sustancias que contiene, y cómo dicho riesgo se relaciona con fenómenos nucleares?
- ¿Cómo se explica que la radiación de alta energía sea capaz de inducir mutaciones?
- ¿De qué manera se inician los efectos químicos a nivel celular cuando la radiación electromagnética de alta energía interacciona con un ser vivo?
- ¿Qué se entiende por radiactividad inducida?

Una aproximación histórica al estudio de los fenómenos nucleares podrá ser iluminadora, aun para aquellos estudiantes que tuvieron la oportunidad de conocer algunos aspectos de la radiactividad en el curso diferenciado de química para 3° Medio.

Es importante, finalmente, incentivar a alumnos y alumnas a debatir aspectos valóricos de la energía nuclear, particularmente sus usos en relación a los desechos radiactivos y a los riesgos que éstos implican para la vida humana.

## Actividades

### Actividad 1

**Indagan acerca del significado del término *isótopo* y de la existencia de diversos isótopos para el caso de elementos comunes.**

Ejemplo

- Se informan sobre la estructura nuclear básica del elemento hidrógeno, debaten e intentan responder:

¿En qué ocasión han escuchado hablar de *isótopos*?

¿Qué representación tienen de un *isótopo*?

¿Cuál es la etimología de la palabra *isótopo*?

¿Cómo caracterizarían los núcleos de los isótopos del hidrógeno designados como  ${}^1_1\text{H}$ ,  ${}^2_1\text{H}$ ,  ${}^3_1\text{H}$ ?

¿En qué se diferencian los núcleos de dichos átomos?

¿De qué modo se simboliza un isótopo  $X$  cuyo núcleo contiene un total de  $n$  protones y  $m$  neutrones? Presentar a los estudiantes varios ejemplos en los que deban ejercitar el uso de dicha simbología.

- El docente define el número másico,  $A$ , simplemente como el número que indica la suma del número de protones y de neutrones nucleares.

### Experimento

Realizan la siguiente experiencia que simula la forma en que se calcula la masa atómica para un elemento consistente de sólo dos isótopos naturales que se hallan en la proporción 3/7.

Para ello deberán disponer de una balanza con una precisión de 0,1-0,2 g. Con porotos simularán núcleos atómicos de un cierto elemento.

Un grupo de estudiantes escoge 15 porotos pequeños y otro grupo selecciona 35 porotos grandes, intentando que los porotos de cada conjunto sean de tamaño uniforme. Determinan la proporción numérica entre ambos tipos de porotos.

Un grupo determina la masa total de los 15 porotos pequeños y luego, separadamente, la de los 35 porotos grandes.

Se plantea el siguiente problema: ¿Cómo se puede determinar la masa promedio del conjunto de 50 porotos?

Alumnas y alumnos debaten sobre las diferentes proposiciones. El docente los guía en su debate hasta que den con la solución correcta, que podría ser expresada así:

$$m_{\text{promedio}} = [ m_{\text{total de los porotos pequeños}} + m_{\text{total de los porotos grandes}} ] / 50$$

o bien

$$m_{\text{promedio}} = (15/50)m_{\text{de un poroto pequeño}} + (35/50)m_{\text{de un poroto grande}}$$

(Esto en el supuesto que los porotos de cada clase fuesen de idéntica masa).

Debaten acerca de las diferencias entre la simulación realizada con los porotos y los núcleos atómicos reales (tamaño, masa, características de partículas visibles a simple vista, identidad de la masa para el caso de los núcleos de un mismo isótopo a diferencia de los porotos que presentarán cierta variación, etc.).

- Elaboran una tabla e indican para cada uno de los isótopos de hidrógeno el número de protones y de neutrones nucleares y el número másico. Dicha tabla puede ser así:

Isótopo	Número de protones	Número de neutrones	Número másico
${}^1_1\text{H}$			
${}^2_1\text{H}$			
${}^3_1\text{H}$			

- Dibujan cómo se imaginan los núcleos de cada uno de esos isótopos, individualizando las partículas nucleares.
- Con ayuda del docente, calculan la masa atómica del hidrógeno que se halla en la naturaleza sabiendo que la abundancia relativa de sus isótopos es:

Isótopo	Abundancia/ %	Masa atómica
${}^1_1\text{H}$	99,9852	1,0078252
${}^2_1\text{H}$	0,0148	2,0141022

¿Por qué no figura en la tabla el isótopo  ${}^3_1\text{H}$ , tritio?

(El tritio,  ${}^3_1\text{H}$ , es inestable. Su vida media es de 12,46 años).

## INDICACIONES AL DOCENTE

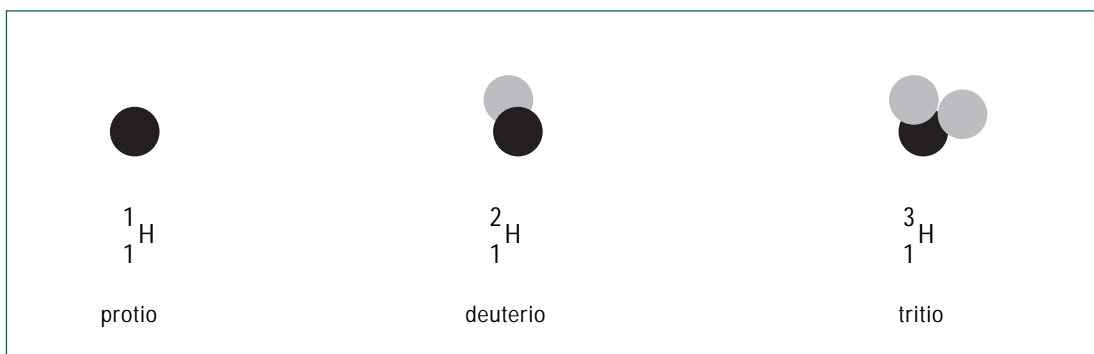
Es importante precisar el significado de los términos *isótopo* y *número másico* y cerciorarse que alumnos y alumnas posean una comprensión adecuada del concepto de *masa molar*. Se debe evitar el uso, todavía algo extendido, de los términos de *peso atómico* y *peso molecular* ya que no son aceptables de acuerdo con las reglas modernas de nomenclatura.

Es importante que los estudiantes asocien la etimología de la palabra *isótopo* (iso=igual, topo=lugar) al lugar de orden de un cierto elemento en el sistema periódico y que comprendan que la gran mayoría de los elementos químicos naturales no son isotópicamente puros.

Una vez que hayan comprendido adecuadamente el concepto de *isótopo* para el caso del hidrógeno, puede ser extendido a elementos de mayor complejidad.

Importa que los estudiantes comprendan que no existe un núcleo cuya masa sea la masa nuclear promedio y que ella se refiere a la masa promedio de una población de un número muy elevado de núcleos, en el cual pueden haber dos o más isótopos. Así por ejemplo, llevado al ejemplo de los porotos, en un experimento la masa total de los 35 porotos grandes fue 21,9 g, y la de los 15 porotos pequeños fue 2,8 g. La masa promedio, calculada a partir de las abundancias relativas, fue de 0,5 g.

Si bien la realización de un dibujo esquemático de las partículas nucleares refuerza el concepto de *isótopo*, es importante que los estudiantes comprendan que la estructura nuclear no es un simple agregado de protones y neutrones, como se representa en la siguiente figura:



Desde ya les podrá parecer bastante extraño y contradictorio, desde un punto de vista de la electrostática clásica, que para núcleos de número atómico mayor ( $Z > 1$ ) en un espacio tan reducido estén muy próximas entre sí partículas de igual carga eléctrica.

Éste podrá ser un punto de partida apropiado para que alumnas y alumnos comprendan que la experiencia ha demostrado que el ámbito de aplicación de una ley empírica no se extiende indefinidamente sino que tiene límites; así por ejemplo, la mecánica clásica no describe adecuadamente el movimiento de cuerpos que se desplazan con velocidades próximas a la de la luz y un modelo planetario no es apropiado para describir el movimiento de los electrones en un átomo. Esto es importante, ya que más adelante será evidente que en las transformaciones nucleares pierden su validez principios que podrían considerarse paradigmas de la química: el principio de conservación de la masa y el de inmutabilidad de los átomos. En relación a esto, es paradójico que desde muy antiguo los alquimistas se hayan propuesto lograr la transmutación.

## Actividad 2

**Se informan y debaten acerca del fenómeno de radiactividad natural.**

Ejemplo

Realizan y exponen trabajos grupales referidos a lo siguiente:

- Becquerel, una semblanza del científico y de cómo descubrió la radiactividad.
- El docente realiza una introducción general al tema de la desintegración radiactiva. Primero motiva a los alumnos y alumnas a través de algunas preguntas:

¿Han escuchado hablar de la radiactividad?

¿En qué consisten las radiaciones que se designan como  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ ?

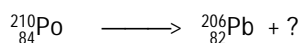
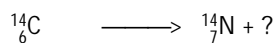
¿Qué diferencia existe entre las radiaciones  $\alpha$  y  $\beta$  y la radiación visible o ultravioleta?

El docente caracteriza físicamente los diferentes tipos de radiación, por ejemplo,  $\alpha = {}^4_2\text{He}$ ;  $\beta = {}^0_{-1}\text{e}$ ;  $\gamma = {}^0_0\gamma$ .

Los estudiantes indagan acerca de lo que sucede a un núcleo que emite radiación  $\alpha$ ,  $\beta$  o  $\gamma$ .

El docente plantea algunas ecuaciones incompletas que los estudiantes deben completar, por ejemplo las siguientes:

$E^*$  (núcleo en el estado excitado)  $\longrightarrow$  E(núcleo en el estado basal) + ?



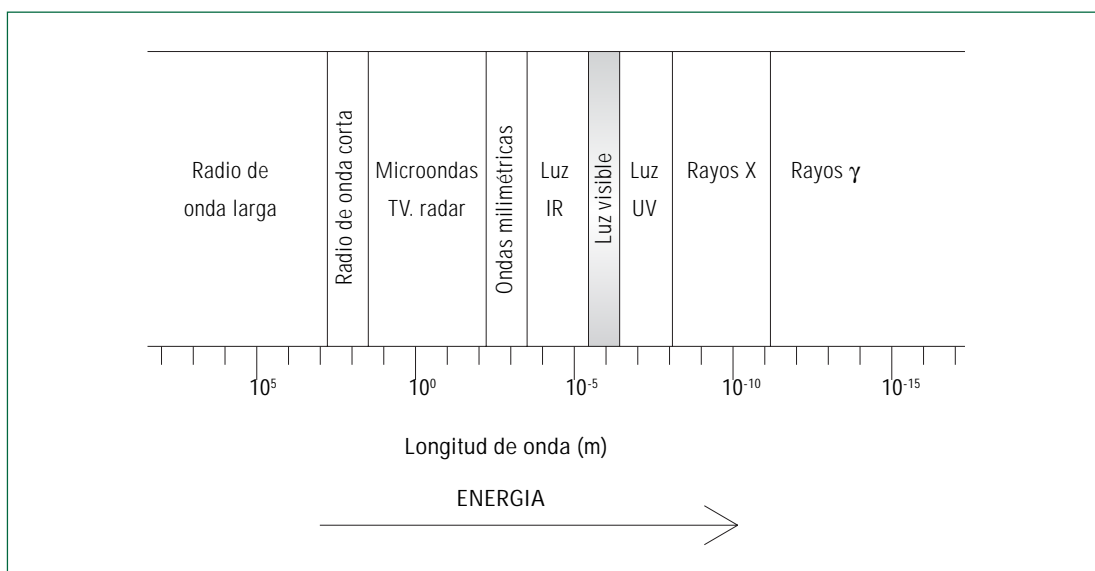
El docente señala que los núcleos suelen emitir otro tipo de partículas: protones, positrones o neutrones, configurando diversos mecanismos por los cuales esos núcleos se estabilizan.

Finalmente, se confecciona una tabla con los tres tipos más comunes de radiación y su penetración relativa en diferentes materiales. Se hace referencia a los métodos usuales de detección y de protección frente a la radiación.

## INDICACIONES AL DOCENTE

Es de importancia fundamental que el docente apoye a alumnas y alumnos para que distingan claramente entre la radiación electromagnética (ondas de radio, TV, radiación visible, UV, rayos X y radiación  $\gamma$ ), y la radiación de partículas como electrones (radiación  $\beta$ ) y núcleos de helio (radiación  $\alpha$ ).

En el siguiente diagrama se reproduce el espectro de la radiación electromagnética. Este diagrama puede ser mostrado en forma simplificada a los estudiantes, de manera que identifiquen los rayos o radiación  $\gamma$  como radiación de energía mucho mayor que la luz visible o ultravioleta, UV. La luz UV es capaz de producir reacciones y excitaciones moleculares y su energía es algo menor que la energía de muchos enlaces. Los rayos X y  $\gamma$  tienen energías muchísimo mayores e ionizan las moléculas o las fragmentan rompiendo sus enlaces, produciendo además excitaciones de las moléculas originales y de los fragmentos y desencadenando una serie de reacciones en las que intervienen iones, electrones y radicales libres. (Véase las Indicaciones al docente en la actividad 5).



(Adaptado de A. Beiser, The Mainstream of Physics, Addison Wesley, 1ª Edición, Londres, 1962).

El trabajo sobre las investigaciones de Becquerel deberá resaltar la importancia del azar en los descubrimientos científicos, pero es esencial que los estudiantes comprendan que:

- Esas situaciones de azar son relevantes gracias a que el investigador, de alguna manera, con su trabajo metódico las provoca. El simple azar no hace un descubrimiento.
- La observación cuidadosa y aguda es de fundamental importancia para el logro del descubrimiento. Hay muchos fenómenos que a una mente poco inquieta podrían aparecer fortuitos, pero que para un investigador acucioso será un punto de partida para nuevas observaciones. En este contexto se puede recordar a alumnas y alumnos el descubrimiento de la penicilina por Alexander Fleming. El investigador fue capaz de advertir que el cultivo por él preparado se había contaminado con una especie de estafilococo y que alrededor del hongo del cultivo se había formado una aureola. Esto les enseñará, además, cómo el investigador pudo obtener provecho de una falla en la técnica experimental (la contaminación del cultivo).



Con respecto a la radiación emitida durante la desintegración radiactiva es importante destacar los siguientes aspectos:

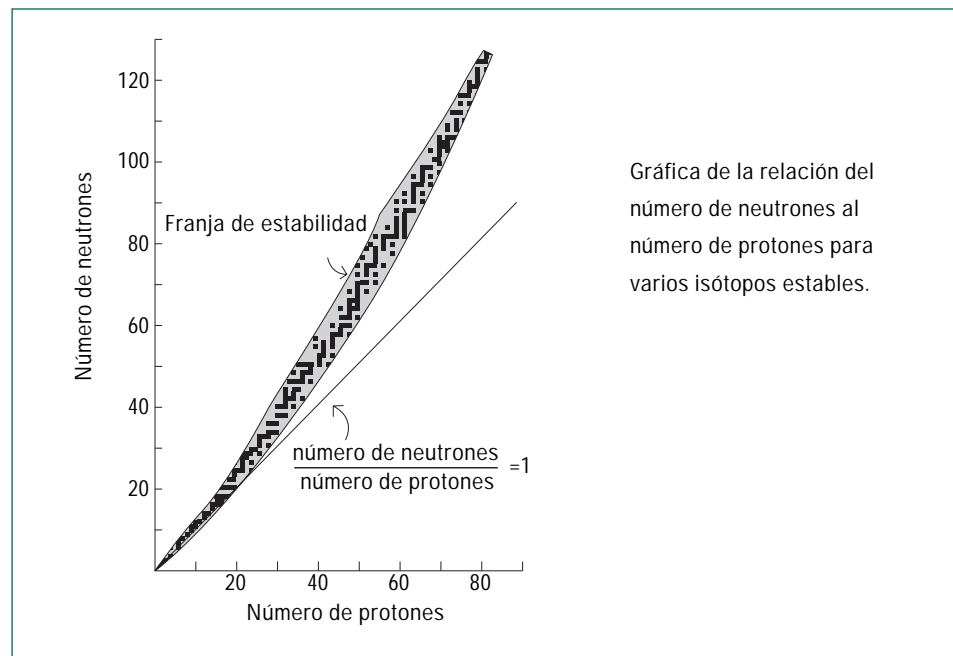
- La radiación  $\alpha$  y  $\beta$  provee un mecanismo para lograr la estabilización del núcleo e involucra un cambio de la relación número de protones/número de neutrones.
- La radiación  $\gamma$  implica emisión de energía electromagnética y también produce una estabilización del núcleo. Esta radiación es invisible a ojo desnudo e inmensamente más energética que la radiación que se origina cuando un electrón cambia de nivel, fenómeno estudiado en el programa de 2º Año Medio.
- El núcleo posee una estructura interna compleja, no es un simple conjunto de protones y neutrones. Esto refuerza contenidos de la actividad precedente.

### Actividad 3

Relacionan la estructura básica del núcleo con la estabilidad nuclear.

Ejemplo

Indagan acerca del significado de la palabra "núclido" y debaten en torno al siguiente gráfico que relaciona el número de neutrones con el número de protones para varios de los núclidos estables:



- De los datos anteriores establecen reglas aproximadas acerca de la estabilidad nuclear para núcleos livianos ( $Z=1$  a  $20$ ) y núcleos más pesados ( $Z > 20$ ).

#### INDICACIONES AL DOCENTE

La regla que se desprende de la observación del gráfico anterior es de tipo general y es importante que alumnas y alumnos cuenten con el apoyo permanente y orientación del docente, para que puedan aplicarla correctamente.

Es importante que los estudiantes comprendan que los neutrones, no obstante que carecen de carga eléctrica, están también sometidos a fuerzas de cohesión nuclear y tienen gran importancia entre los factores que determinan la estabilidad nuclear.

#### Actividad 4

**Se informan acerca del concepto de vida media y de la existencia de series radiactivas naturales.**

##### Ejemplo

- En grupos realizan el siguiente experimento y previamente conjeturan acerca de su resultado en relación al tiempo que demora en “desintegrarse” la mitad de los granos de maíz.

¿Dependerá dicho tiempo del número de granos de maíz inicial?

¿Se “desintegrarán” los granos primero más rápido y luego más lento, al revés o con velocidad uniforme?

¿Cómo podrá expresarse la velocidad de “desintegración” de los granos de maíz?

¿Qué entienden por el concepto de vida media?

#### Experimento

Realizan una simulación de la desintegración radiactiva colocando aceite en una pequeña sartén, a la que agregan 21 granos de maíz. Colocan la tapa y comienzan a calentar, moviendo la sartén con cuidado. Pronto los granos de maíz comenzarán a explotar, simulando la desintegración de núcleos radiactivos.

Comienzan a contar el tiempo cuando explota el primer grano, tratan de mantener la temperatura constante sin variar la velocidad de calentamiento, y detienen la cuenta cuando han reventado diez de los veinte granos restantes.

Contrastan los resultados con sus predicciones e indagan acerca del significado del concepto de “vida media”.

¿Cuál es la “vida media” del maíz sometido a calentamiento?

¿Qué predicción pueden hacer si tienen 100 granos de maíz en relación al tiempo que demora en reducirse la población a sólo 25 granos de maíz?

Realizan el experimento colocando 101 granos de maíz en la sartén con aceite, calientan y cuando ha transcurrido el tiempo predicho interrumpen el calentamiento, colocando la sartén sobre una superficie fría y húmeda.

La cuenta del tiempo comienza cuando explota el primer grano y termina cuando se ha producido la “desintegración” de 50 granos.

¿Qué grado de acuerdo hay entre la predicción hecha y la observación experimental?

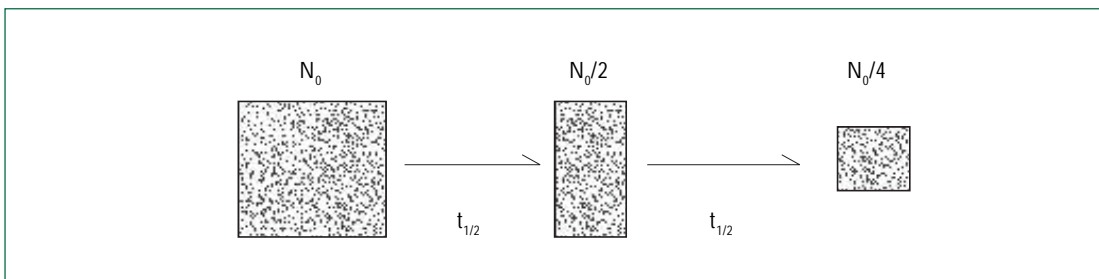
¿Qué diferencias y similitudes existen entre la simulación de la determinación de la vida media de desintegración del maíz y la real desintegración de un núcleo en una serie radiactiva?

¿Sería posible predecir cuál grano de maíz reventará próximamente o cuándo reventará un grano determinado? ¿Existe, en este sentido, alguna similitud con la desintegración radiactiva?

- Debaten acerca del concepto de vida media aplicado en diferentes contextos y luego referido a la desintegración radiactiva.
- Una vez comprendido los conceptos de desintegración radiactiva y de vida media, indagan en grupo sobre una serie de desintegración radiactiva natural presentada por el docente. Alumnos y alumnas completan el tipo de radiación emitida en varios de los procesos e indagan sobre la naturaleza de los núcleos hijos resultantes.
- Debaten la datación de objetos de interés histórico mediante el método del carbono-14 y buscan ejemplos en los que dicho método haya sido utilizado.

#### INDICACIONES AL DOCENTE

Es importante relacionar el concepto de vida media con la cinética de una reacción y ello puede ser ilustrado con recursos gráficos de diferente tipo, por ejemplo, representando el número de núcleos a diferentes tiempos ( $t_{1/2}$ ,  $2 t_{1/2}$ , ...) como proporcional al área de figuras que contienen siempre la misma densidad de puntos:



En este esquema  $N_0$  es el número de núcleos radiactivos presentes en un cierto instante de tiempo. Cuando ha transcurrido una vida media ( $t_{1/2}$ ) se habrá desintegrado la mitad de dichos núcleos y quedarán  $N_0/2$  sin desintegrar. Luego de transcurrida otra vida media quedará sólo  $N_0/4$  núcleos radiactivos sin desintegrar y obviamente, ya se habrán desintegrado  $3/4 N_0$ , o sea,  $3/4$  del número total de núcleos radiactivos iniciales.

Algunos ejemplos numéricos pueden ayudar a la comprensión del concepto de vida media, a partir del cual alumnos y alumnas podrán comprender en qué se basa el método de datación mediante la determinación de la cantidad de un isótopo inestable, por ejemplo, de carbono 14.

Es importante que los estudiantes conozcan la ecuación de velocidad de desintegración radiactiva,  $v = -\frac{\Delta N}{\Delta t} = k \cdot N$ , es decir, que el número de núcleos que se desintegra en la unidad de tiempo es directamente proporcional al número de núcleos presentes en ese instante. También puede ser útil que grafiquen la ecuación  $N = N_0 e^{-kt}$ , y que calculen el número de núcleos presentes en un cierto tiempo y que puedan aplicarlo a casos simples tales como  $t = 0$ ,  $t = t_{1/2}$ ,  $t = \infty$ , o a la inversa, que determinen el valor de  $t$  para el cual se cumple que  $N = N_0/2$ .

Se debe hacer notar que el término usual de “núcleo hijo” resultante de la desintegración no es muy afortunado, ya que su generación involucra la desaparición simultánea del “núcleo padre” que lo generó.

**!** Durante la realización del experimento es importante supervisar a los estudiantes para que usen sus lentes de seguridad y calienten lentamente el aceite y, una vez alcanzada la temperatura adecuada, no sigan incrementando el aporte de calor. Ello es relativamente fácil de hacer si se usan calefactores de placa que se deben preferir, por razones de seguridad, a otros sistemas de calefacción (mecheros, anafes, cocinillas, etc.). Es importante que siempre se use la sartén tapada y que en caso alguno entre agua en contacto con el aceite caliente.

La simulación puede realizarse también usando los frutos de ciertos árboles o plantas que proyectan la semilla cuando están maduros. Para ello se coloca un cierto número de vainas con un grado de madurez similar en un recipiente expuesto al sol y se controla periódicamente para determinar el tiempo que demora en reventar la mitad de ellas. La profesora o el profesor de biología podrá orientar a los estudiantes acerca de plantas que eventualmente serían apropiadas para realizar el experimento. El fenómeno es lento, por lo que esta variante del experimento se deberá hacer sólo si el del maíz es imposible de realizar.

El concepto de vida media puede aplicarse primeramente en otros contextos, pero es importante advertir a los estudiantes que en el caso de los núcleos inestables no tiene sentido hablar de la edad del isótopo, ya que no es posible decir que un núcleo es más antiguo que otros, ni se puede predecir si se desintegrará en un cierto lapso de tiempo, pero que *probabilísticamente* la mitad de una población dada de átomos radiactivos se desintegrará en una vida media.

Es importante que el estudio de las series radiactivas sea realizado manteniendo el interés de los estudiantes. No parece conveniente incentivar un enfoque demasiado descriptivo ni exigir la memorización de una serie radiactiva. El trabajo del grupo de estudiantes podrá más bien estar enfocado a que conozcan cuál es el isótopo de partida y el isótopo estable final de la serie y que sean capaces de explicar por qué, por ejemplo, la emisión de una partícula  $\alpha$  involucra una disminución del número másico en cuatro unidades y una disminución del número atómico en dos unidades.

Se puede acotar que este tipo de reacciones se denominan, en cinética, reacciones consecutivas y que es posible determinar el tiempo que demora en desintegrarse una muestra original a través de toda la serie radiactiva.

## Actividad 5

**Debatan acerca del efecto de las emisiones radiactivas sobre diversos sistemas, en particular sobre los seres vivos.**

Ejemplo


En grupos indagan y debaten sobre los siguientes temas y los exponen al curso:

- Efecto de la radiación sobre el agua.  
La exposición deberá estar dirigida a responder las siguientes preguntas: ¿Qué se entiende por un radical libre? ¿Cómo se explica la formación de radicales libres cuando radiación de alta energía interacciona con el agua? ¿Qué especial característica tienen los radicales libres  $H \cdot$  y  $OH \cdot$ ?
- Efectos de la radiación sobre sistemas químicos que no contienen agua: sustancias orgánicas, en particular en procesos de polimerización.
- Efectos de la radiación sobre los seres vivos y usos de la radiación en la agricultura (control de plagas) y en la medicina (radioterapia).

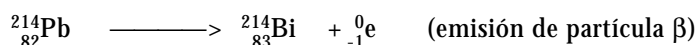
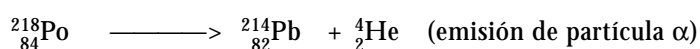
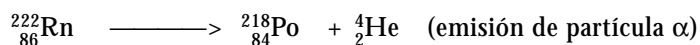
Aquí se deberá tocar los temas del efecto de la radiación sobre el material genético, acción de la radiación sobre las células y base del uso de la radiación para el tratamiento del cáncer.

- Relación entre las alteraciones estructurales y funcionales producidas por la radiación en moléculas de interés biológico estudiadas en la primera unidad, particularmente el ADN.
- Poder de penetración de los distintos tipos de radiación. Ejemplos.
- El radón, cómo se origina y cuáles son sus riesgos para la salud humana.

### INDICACIONES AL DOCENTE

 Es de suma importancia que alumnas y alumnos conozcan acerca de los riesgos que involucra para la vida humana la presencia de isótopos radiactivos en el medio ambiente. Así, el docente querrá abrir espacios de debate e indagación sobre los riesgos del gas noble radiactivo radón, que se encuentra en el aire debido a filtraciones desde el subsuelo, particularmente en ciertas regiones en que existen minerales de uranio. El radón se acumula en ambientes mal ventilados y su mayor riesgo consiste en que al ser inhalado, junto con el aire, entra a los pulmones en donde eventualmente se desintegra dando sucesivamente isótopos radiactivos de los metales Po, Bi y Pb. Estos isótopos no son volátiles y se desintegran a su vez emitiendo núcleos de helio (partículas  $\alpha$ ) y electrones (partículas  $\beta$ ). El radón es una importante causa de cáncer pulmonar.

El docente podrá utilizar el radón como materia de un ejercicio para que alumnas y alumnos averigüen sobre su desintegración:

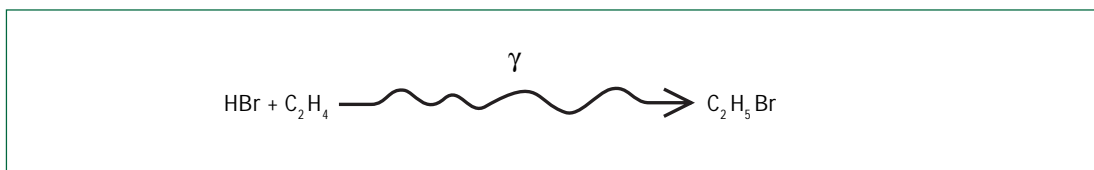


Es muy importante que el profesor o profesora destaque que la radiación  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  es capaz de desencadenar reacciones químicas y que es aquí el punto de encuentro de la física nuclear con los fenómenos químicos. Es importante, en este contexto, distinguir entre la acción de la radiación ionizante sobre sustancias puras y sobre soluciones acuosas. En el primer caso se observa ionizaciones, excitaciones moleculares, rupturas de enlace, etc. con la formación de numerosos productos de recombinación de esos fragmentos. En las soluciones acuosas, en cambio, la radiación actúa sobre el agua formando principalmente radicales  $\text{H}\cdot$  y  $\text{OH}\cdot$ . Estos radicales reaccionan entre sí y con los solutos. Estos procesos son de enorme importancia ya que son los responsables del daño que ocasiona la radiación sobre el material genético (ADN y ARN).

Con respecto al efecto de la radiación sobre moléculas orgánicas y, en particular, la polimerización inducida por radiación de alta energía, el docente puede discutir con los alumnos y alumnas los siguientes ejemplos:

- La acción de rayos  $\gamma$  sobre el yoduro de etilo,  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{I}$ , al estado líquido produce hidrógeno,  $\text{H}_2$ , yodo,  $\text{I}_2$ , yoduro de hidrógeno,  $\text{HI}$ , metano,  $\text{CH}_4$ , eteno,  $\text{C}_2\text{H}_4$ , etano,  $\text{C}_2\text{H}_6$  y butano,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ .
- Existen varios procesos industriales de polimerización en los que se utiliza como iniciador radiación de alta energía (principalmente  $\beta$  y  $\gamma$ ), para obtener de esa manera diversos polímeros. Ello se aplica en procesos de polimerización catiónica, aniónica y por radicales libres.

Un método utilizado por la firma Dow Chemical Co. producía, hace ya tres décadas, alrededor de un millón de kilogramos de bromuro de etilo anuales a través de un proceso que involucra la reacción de etileno con bromuro de hidrógeno, iniciada por radiación  $\gamma$ :



La reacción es exotérmica y la radiación sirve sólo como iniciador del proceso.

- Cuando el estireno es tratado con radiación  $\gamma$ , ya sea puro o disuelto en tetracloruro de carbono,  $\text{CCl}_4$ , se forma poliestireno. Esta reacción se inicia por la formación de radicales libres, esto es, fragmentos muy reactivos que poseen un electrón desapareado, pero también se forman iones que igualmente inician la reacción de polimerización, tal como se expone en la primera unidad para el caso del propileno.
- Por otra parte, los polímeros experimentan transformaciones químicas cuando son tratados con radiación de alta energía: se produce una despolimerización por ruptura de sus enlaces, pero también se forman nuevos enlaces. Cuando se irradia polietileno se forma hidrógeno,  $\text{H}_2$ , mientras que la irradiación del polimetacrilato de metilo produce hidrógeno,  $\text{H}_2$ , pero también metano,  $\text{CH}_4$ , y monóxido de carbono,  $\text{CO}$ .

En general los procesos que ocurren en la irradiación de moléculas orgánicas son complejos.

En lo referido a los efectos de la radiación sobre los seres vivos es importante formar conciencia en las alumnas y alumnos respecto a que este riesgo generalmente no es tomado en serio porque no es percibido por nuestros sentidos, salvo en casos extremos en los que intervienen altas dosis de radiación. Entre los efectos mencionados el docente querrá destacar las alteraciones genéticas producidas por las radiaciones ionizantes.

Por otra parte, el efecto letal que posee la radiación de alta energía sobre los organismos vivos se utiliza para esterilizar diversos materiales de uso médico tales como jeringas, catéteres, gasa, etc. Para ello estos materiales son puestos en bolsas plásticas que luego son selladas y tratadas con radiación  $\gamma$ .

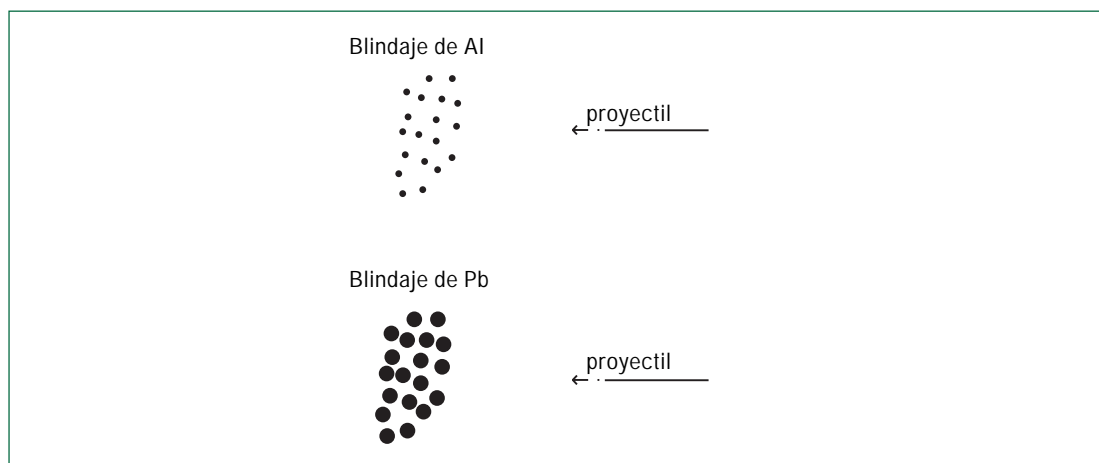
Como complemento al poder de penetración de la radiación electromagnética de alta energía, algunos alumnos y alumnas pueden llevar al aula algunas radiografías. Es importante que se planteen interrogantes en torno a dichas radiografías:

- ¿Podría ser usada luz visible para obtener una imagen de los huesos u órganos internos?
- ¿Qué diferencias se deducen, en consecuencia, entre la luz visible y los rayos X?
- ¿Cómo veríamos a nuestros semejantes si la retina fuese sensible selectivamente a los rayos X?
- ¿Existe alguna similitud entre la radiación  $\gamma$  y los rayos X?

Es importante que el docente señale que en las salas de rayos X se colocan blindajes de plomo en las puertas para que la radiación sea absorbida y no dañe a quienes se hallan afuera y que las personas que trabajan allí usan delantales de plomo y accionan el equipo desde un habitáculo blindado, mirando a través de una ventana de un vidrio especial que contiene plomo.

También es importante que el docente mencione que el plomo es un metal bastante denso en relación a otros metales como el aluminio o cobre. En razón de ello la sección nuclear expuesta a la radiación es bastante mayor y ofrece una mayor protección. Una analogía que puede servir es que si disparamos un proyectil a través de la parte baja de un bosque de grandes árboles, como encinas, el resultado será muy diferente a hacer lo mismo en una plantación similar de pequeños arbustos.

El siguiente esquema muestra la diferencia de dos tipos de blindaje frente a un proyectil atómico o radiación, fuertemente exagerada para mayor claridad:



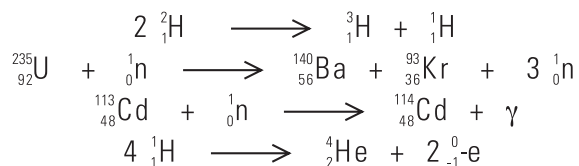
## Actividad 6

**Indagan acerca de los fenómenos de fisión y fusión nuclear. Uso de isótopos en diversos campos, principalmente en la medicina.**

Ejemplo

Realizan trabajos grupales, exponen y debaten acerca de los siguientes aspectos de los fenómenos nucleares:

- Descubrimiento de la fisión nuclear, en qué consiste y cuáles son sus principales aplicaciones.
- Descubrimiento de la fusión nuclear y en qué se diferencia de la fisión. El sueño de la fusión controlada.
- Analizan los siguientes procesos y los clasifican como fusión o fisión:



- Uso de los isótopos en el diagnóstico médico.
- Las bombas atómicas: consecuencias éticas, médicas, sociales y políticas.
- Riesgos del uso de la energía nuclear: los accidentes nucleares de Chernobyl y Three Mile Island. El problema de los desechos radiactivos.

Para el primer y cuarto ejemplo pueden utilizar fichas, semillas u otros objetos de diferente color para representar los núcleos que intervienen en la reacción nuclear. En el cuarto ejemplo encontrarán que, paradójicamente, han aparecido entre los productos dos tipos de partículas que no figuran entre las partículas de partida: neutrones y electrones positivos, positrones.

### INDICACIONES AL DOCENTE

En la introducción de los conceptos de fusión y de fisión es importante que el docente enfatice que el criterio que permite diferenciar entre dichos fenómenos es la masa del mayor de los núcleos. Así es como si un núcleo producto tiene mayor masa que uno de los núcleos iniciales, se tratará de una fusión. A la inversa, si ninguno de los núcleos resultantes de la reacción nuclear tiene un número másico tan elevado como el mayor de los núcleos reactantes, se trata de una fisión. Para fijar mejor los conceptos, puede ser necesario que alumnas y alumnos busquen sinónimos o analogías para dichos términos: fusionar o agregar, fisionar o romper. Estos procesos son también fáciles de representar mediante bolitas de greda o plastilina.



Es importante considerar en esta actividad aspectos valóricos de la utilización de las tecnologías nucleares. Esta visión deberá ser lo más amplia posible de modo que alumnos y alumnas comprendan cuáles son los beneficios y riesgos de aquellas y no se queden con una visión negativa acerca de las relaciones entre ciencia y sociedad. En otras palabras, cada alumno o alumna deberá percibir que él o ella es un factor o agente de cambio, que puede opinar, dar razones e influir con su conocimiento y visión sobre decisiones políticas que dicen relación con esos temas.

Los usos bélicos de la energía nuclear se prestan para un análisis valórico. ¿Cómo perciben los jóvenes el armamentismo? ¿Consideran el uso de la fuerza como un recurso que se pueda aceptar junto con argumentos valóricos o de otra naturaleza? ¿Qué piensan de las decisiones políticas que afectan el trabajo de los científicos y técnicos que participan en la construcción de un artefacto nuclear? ¿Qué opinan de 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? ¿Qué les parece la intervención política de A. Einstein en sus cartas al presidente Franklin D. Roosevelt? (Esta gestión que apoyaba el inicio de acciones para construir una bomba nuclear fue reconocido más tarde por Einstein como su error más grave, impactado por la destrucción y daño producido por las bombas atómicas).

Aquí corresponde que los estudiantes realicen un análisis de las consecuencias del lanzamiento de las bombas atómicas en Hiroshima y Nagasaki y que debatan el uso de armas nucleares y, en general, de cualquier artefacto destinado a producir daño grave a un semejante (minas antipersonales, armas químicas y biológicas, etc.). Este análisis debe tener un impacto y consecuencias sobre la formación valórica de los estudiantes y de su percepción frente al respeto por la vida.

Es importante que alumnos y alumnas debatan acerca del problema de los desechos radiactivos, de cómo se ha intentado solucionar el problema, y de cuáles son las ventajas y problemas de cada una de las soluciones que se han propuesto.

Con respecto a los accidentes nucleares, es importante que los estudiantes se informen de la manera más completa posible acerca de las probables causas de dichos accidentes, de cómo ocurrieron y de cuáles fueron sus consecuencias para la salud de la población y su impacto político y social.

Una mención especial merece el tema de la fusión nuclear controlada (llamada también fusión fría) que preocupa a los científicos porque solucionaría las demandas energéticas de la humanidad. Hace varios años, en 1989, se produjo un escándalo de proporciones luego de ser publicado un trabajo de dos científicos, el americano B.S. Pons y el inglés M. Fleishmann, que aseguraban haber logrado realizar una fusión a temperatura ambiente con una simple celda electrolítica conteniendo una disolución de hidróxido de litio deuterado,  $\text{LiOD}$  ( $\text{D} = {}^2_1\text{H}$ ) en agua pesada,  $\text{D}_2\text{O}$ . La energía aportada a la celda era muy pequeña en relación con la energía desprendida y dichos científicos aseguraban que se trataba de una reacción de fusión nuclear desconocida, en la que se formaban el isótopo de hidrógeno tritio ( $\text{T} = {}^3_1\text{H}$ ) y neutrones.

Más tarde se demostró que los fenómenos observados tenían otro origen y que había habido un mal diseño instrumental e interpretación de los resultados experimentales. Este incidente podrá ser debatido por los estudiantes en el contexto de que en ese caso pudo existir gran presión por ambiciones personales y por el deseo de prestigio de las instituciones, lo que no dio suficiente margen para la debida validación de esos hallazgos científicos.

Finalmente, como información para el docente, se aportan algunos datos acerca del agua pesada,  $D_2O$ , que si bien es aparentemente igual al agua normal es tóxica para los seres vivos debido a que todos los procesos cinéticos que ocurren en los organismos y que tienen que ver con la transferencia de hidrógeno, se hacen más lentos debido a la mayor masa (aproximadamente el doble) del deuterio comparado con el hidrógeno normal o protio. Este fenómeno es conocido con el nombre de *efecto cinético isotópico*. Esta propiedad ha permitido aclarar el mecanismo de numerosas reacciones bioquímicas: si la adición de agua pesada provoca un retardo de una reacción es un buen indicador de que en dicha reacción ésta provoca una transferencia de hidrógeno (el argumento inverso no es necesariamente cierto, ya que es preciso que la etapa en que se produce dicha transferencia sea determinante de la velocidad de reacción).

Así es como cinéticamente la etapa elemental de ruptura de un enlace en que participa el deuterio, X-D, es más lenta que la ruptura de un enlace similar al protio o hidrógeno común, X-H.

Una comparación de las propiedades del agua común con el agua pesada se puede visualizar en la siguiente tabla:

Propiedad	$H_2O$	$D_2O$
Masa molar ( $g\ mol^{-1}$ )	18	20
Punto de fusión ( $^{\circ}C$ )	0	3,8
Punto de ebullición ( $^{\circ}C$ )	100	101,4
Densidad a $4^{\circ}C$ ( $g\ cm^{-3}$ )	1,000	1,108

(Fuente: Chang, Raymond (1992), *Química*, 4ª Edición, McGraw-Hill Interamericana de México, México, pág.866).

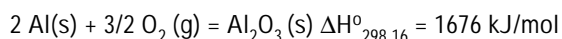
## Actividad 7

### Debatan acerca de la relación entre masa y energía.

#### Ejemplo

El docente organiza un debate informado sobre lo siguiente:

- La relación entre la variación de masa de un sistema y la energía puesta en juego,  $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ , su significado e importancia para la comprensión de los fenómenos nucleares.
- Cálculo de la variación de masa en una reacción fuertemente exotérmica como la siguiente:



¿Es mayor o menor la masa de productos comparada con la de reactantes?

¿Tiene alguna relevancia práctica la variación de masa que ocurre en esta reacción desde el punto de vista de la química y de la ley de conservación de la masa?

¿Es importante en la reacción anterior el término de corrección para transformar el cambio de entalpía en un cambio de energía interna?

#### INDICACIONES AL DOCENTE

Esta actividad permite relacionar la energía involucrada en procesos nucleares con la termodinámica, particularmente con los cambios de entalpía de las reacciones químicas ordinarias. El docente podrá realizar algunos ejercicios simples que demuestren la magnitud de las energías puestas en juego, por ejemplo, cuando se produce en una reacción nuclear una disminución de masa de 1,0 g. Ello podrá ser comparado con la energía desprendida en la combustión de 1000 toneladas de carbón:

Para una reacción nuclear con esas características se tiene,

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

$$\Delta E = 1 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})^2$$

$$\Delta E = 9 \cdot 10^{13} \text{ J} = 9 \cdot 10^{10} \text{ kJ}$$

Por otra parte, la entalpía o calor de combustión del carbono es 393 kJ/mol.

$$1 \text{ ton} = 10^6 \text{ g} = 10^6 \text{ g} / (12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = 83.333 \text{ mol}$$

Entonces, el calor total desprendido en la combustión de 1000 toneladas de carbón es:

$$\Delta E = 83.333 \text{ mol/ton} \cdot 1000 \text{ ton} \cdot 393 \text{ kJ/mol} = 3,27 \cdot 10^{10} \text{ kJ}$$

En consecuencia, en la reacción nuclear se produce una energía que es todavía 2,7 veces mayor que en la combustión del carbón, no obstante que en ésta la masa puesta en juego es 1000.000.000 veces mayor.

Es importante que los estudiantes comprendan cabalmente que la relación entre masa y energía carece de importancia en el estudio de reacciones químicas ordinarias, pero que sí tiene relevancia en las reacciones nucleares. El docente podrá entregar a alumnos y alumnas datos de entalpías de reacción para la combustión (explosiva) de sustancias como TNT, trinitroglicerina o nitrato de amonio, de manera que calculen las variaciones de masa asociadas a esas energías y se convenzan de que aquellas son realmente muy pequeñas e indetectables.

No obstante lo anterior, la relación de Einstein para la equivalencia de masa y energía debe ser enfatizada por dos razones:

- Porque derriba uno de los paradigmas de los cambios en la materia y permite integrar dos conceptos físicos de gran importancia, masa y energía.
- Porque explica el origen de las enormes energías que resultan en las transformaciones nucleares y explica también, por ejemplo, que la suma de las masas de las partículas nucleares independientes (protones y neutrones) es mayor que la masa del núcleo que ellas forman.





## Unidad 3

# Procesos químicos industriales

### Aprendizajes esperados

Los alumnos y alumnas:

- Reconocen las principales materias primas y sus fuentes de obtención en el contexto de la industria química nacional.
- Describen procesos modernos de obtención de metales y no metales de uso común a partir de sus minerales.
- Comprenden y analizan aspectos básicos estequiométricos, termodinámicos y cinéticos de los procesos anteriores y de la fabricación del ácido sulfúrico.
- Muestran un razonable dominio de los procesos y reacciones químicas involucradas en la fabricación de polímeros sintéticos y materiales inorgánicos de uso masivo: vidrio, cemento y cerámica.

### Conceptos estructurantes de la unidad

- pirometalurgia;
- hidrometalurgia;
- electrometalurgia;
- lixiviación bacteriana;
- galvanizado y anodizado;
- leyes de Faraday de la electrólisis;
- unidad Faraday;
- vidrio.

### Orientaciones didácticas

En el desarrollo de esta unidad alumnos y alumnas podrán integrar y aplicar gran parte de los conocimientos adquiridos en los años anteriores. Los procesos químicos, por lo tanto, no deberán ser enfocados por el docente como una simple descripción de instalaciones o procesos, sino también en el contexto de problemáticas que involucran decisiones respecto de:

- Materias primas y su ubicación, accesibilidad y riqueza o ley de las menas.
- Costo total de producción, incluyendo el impacto ecológico de los procesos involucrados en la obtención de todas las materias primas y del uso o aplicación de los productos obtenidos.

Un lugar central en la unidad ocupa el estudio de la aplicación de los conceptos básicos de:

- estequiometría
- termodinámica y
- cinética

Como ejemplo del primer punto podemos mencionar el cálculo de la cantidad de producto obtenida a partir de una cierta masa de materia prima sometida al proceso, suponiendo un porcentaje dado de pérdidas debidas a volatilización, solubilización u otros fenómenos. La aplicación de la termodinámica estará preferentemente dirigida a los cambios de entalpía, puesto que frecuentemente es necesario un aporte de energía calórica o bien su disipación a través del intercambio con sistemas de refrigeración. El estudio de la cinética de una reacción provee un factor de gran importancia ya que no basta que una reacción sea termodinámicamente factible, sino que también ella debe transcurrir con una velocidad tal que permita una producción a escala industrial en un lapso de tiempo adecuado.

Esta unidad será una buena oportunidad para que los estudiantes interactúen con su entorno académico e industrial, ya sea a través de visitas a las industrias, a ferias industriales, a museos tecnológicos, y a laboratorios académicos de operaciones unitarias o de procesos tecnológicos. También el docente podrá considerar la invitación de especialistas para que expongan algunos temas industriales relacionados con este programa, de modo que los estudiantes adquieran una visión integrada de la química en este último año de educación escolar.

## Actividades

### Actividad 1


**Localizan geográficamente los principales yacimientos nacionales de elementos metálicos y no metálicos, de su contenido estimado, composición y ley en relación a yacimientos similares en otros lugares. Indagan acerca de su formación y grado de explotación o velocidad con que se irán agotando y debaten sobre la explotación sustentable de esos otros recursos naturales.**

#### Ejemplo

En trabajo grupal indagan acerca de los siguientes temas:

- Principales yacimientos nacionales de hierro, cobre, azufre, yodo y litio. Magnitud y composición de éstos y comparación con yacimientos similares en otros países.
- Usos industriales del hierro, litio, cobre y sus sales.
- Obtención y usos del azufre y sus compuestos, en particular ácido sulfúrico, sulfatos, sulfitos y tiosulfatos.
- Obtención del litio y su importancia tecnológica y económica para el país.
- Estados de oxidación del hierro, cobre y azufre en sus minerales. ¿Por qué el hierro y el cobre se encuentran como óxidos o sulfuros y no en forma elemental? ¿Cómo se supone que se formaron estos minerales?
- ¿Qué entienden por explotación racional y consumo sustentable de recursos naturales? ¿Han escuchado hablar de la explotación y predación, por lo general para fines industriales, de especies arbóreas autóctonas? (Ver indicaciones al docente).

#### INDICACIONES AL DOCENTE

 Es importante llamar la atención de los estudiantes sobre algunos casos de contaminación de aguas debidos a la minería y a la actividad industrial. Algunos casos típicos que pueden ser debatidos por aquellos son el del río Loa, que ha sufrido graves contaminaciones, presumiblemente debida a agentes de flotación usados en la minería del cobre y el caso del océano en las proximidades de Concepción (Talcahuano, bahía de San Vicente, Lota) contaminado por mercurio que provendría, al menos en parte, de la industria de cloro que realiza electrólisis para la obtención de cloro e hidróxido de sodio.

En este ejemplo es importante que los estudiantes comprendan que los diferentes minerales son de disponibilidad limitada y que en el caso del cobre, por ejemplo, la ley de los primeros yacimientos que se explotaron a escala industrial era frecuentemente superior al 5% y en algunos casos llegaba a



casi el 9%. Esos minerales ya se agotaron y hoy día puede ser económicamente factible explotar minerales con ley inferior al 1%. Hacer hincapié en reflexionar acerca de las consecuencias sociales y económicas de la sobreexplotación de recursos no renovables.

Es importante que los estudiantes comparen las formas en que se halla el hierro, el cobre, plata u oro y que intenten responder:

- ¿Por qué la plata y el oro se encuentran en la naturaleza al estado nativo, como metales, y ello no ocurre en cambio por ejemplo con el litio, sodio, magnesio y hierro?
- ¿Qué relación existe entre la metalurgia de esos metales y su costo de producción?
- ¿Existe una relación entre las propiedades redox y el método y costo de producción de esos metales?

Un lugar destacado en la metalurgia debe ocupar el Li, debido a su importancia tecnológica y a que en Chile se encuentran muy importantes yacimientos de sales de este elemento.

Como complemento de esta actividad es conveniente que el docente estimule al debate sobre los productos que se obtienen de la biósfera. En particular de la atmósfera se obtienen los gases nobles, principalmente Ar y He, además de H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>. El oxígeno, hidrógeno y nitrógeno tienen aplicaciones industriales importantes para procesos de combustión (soldadura industrial) y síntesis de amoníaco. Además, el oxígeno es importante por sus aplicaciones en el ámbito de la salud. De la hidrósfera, particularmente de los océanos, se obtiene cloruro de sodio y otras sales; incluso se ha investigado la posibilidad de extracción del agua de mar de metales valiosos que se hallan en muy pequeñas cantidades, tal es el caso del oro y uranio.

En cuanto a otras fuentes de la biósfera, cabe mencionar la destilación destructiva de la madera para la obtención de metanol, proceso ya obsoleto que ha sido reemplazado principalmente por síntesis a partir de monóxido de carbono e hidrógeno o bien, usando gas natural. En este punto puede ser un importante tema de discusión la destrucción y sobreexplotación de bosques para comercializar sus productos: sea en forma de madera, astillas para la producción de celulosa, etc.

Un aspecto de la mayor importancia es la predación de la corteza de especies arbóreas autóctonas como el quillay, que contiene un detergente natural (saponina) muy codiciado por ciertas industrias; incluso se suele vender en las ciudades por sus propiedades insecticidas. La explotación de este recurso, muchas veces realizado por actividades de pillaje en bosques naturales, ha significado un enorme daño ecológico al retirar una parte apreciable de la corteza en tronco y ramas de los quillayes, produciendo así a corto plazo la destrucción de miles de estos árboles. La escasa sensibilidad y desinformación en relación al tema lo muestra el resultado de una búsqueda reciente en internet: de alrededor de 150 páginas web relacionadas con el quillay, la gran mayoría de ellas tienen que ver con explotación y comercialización internacional del quillay y de sus subproductos, sólo un par de dichas páginas se relaciona con la protección y explotación racional del recurso. De aquí la importancia que alumnas y alumnos debatan estos temas y sensibilicen a la sociedad acerca de sus consecuencias.

Existen colecciones de minerales de bajo costo, que se comercializan como curiosidades turísticas, principalmente en la zona norte del país. Si es posible, el docente puede solicitar al colegio o liceo la adquisición de algunas de esas colecciones para que los estudiantes puedan observar los minerales, dibujarlos y anotar sus características. Es importante guardarlos en tubos de vidrio sellados, en una atmósfera seca, idealmente inerte, ya que se descomponen por acción del oxígeno y de la humedad ambiente.

## Actividad 2

**Indagan acerca de la metalurgia del hierro, pretratamiento del mineral y bases químicas y termodinámicas del proceso pirometalúrgico y acerca de la protección del metal contra la corrosión.**

Ejemplo

Indagan, en trabajo grupal:

- Reacciones químicas que se producen en los diferentes procesos que tienen lugar en un alto horno, en particular en lo que se refiere a su estequiometría y termodinámica.

Confeccionan una maqueta en la que se indican los procesos principales de la metalurgia del hierro.

- Diferencias entre hierro y acero. Hierro. Diferentes tipos de aceros. Templado. Protección del hierro: galvanizado.

## Experimento

Realizan el proceso de galvanizado de un trozo de hierro.

El trozo de hierro (una bisagra, clavos u otro objeto) a galvanizar debe estar limpio de óxido y libre de suciedad y grasa. Para ello se frota con una lija de metal limpia, se trata con detergente, se enjuaga bien y se seca.

Disuelven 60 g de  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  en 200 mL de agua, en lo posible destilada o desionizada, contenida en un vaso de precipitados de 250 mL. Una vez disuelta la sal disuelven 3,75 g de cloruro de amonio y 7,5 g de sulfato de aluminio hidratado,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ . Finalmente, completan con agua un volumen total de 250 mL. El pH de la solución resultante deberá ser 3,5-4,0. En caso de ser necesario se acidifica con ácido sulfúrico diluido.

La solución deberá llevarse a una temperatura mayor que  $16^\circ\text{C}$  y se utilizará como ánodo un trozo de cinc puro y como cátodo la pieza de hierro que se desea galvanizar. Durante la electrólisis se mantendrá buena agitación del electrolito.

Realizan la electrólisis variando el voltaje de modo que la densidad de corriente catódica sea de 10-100 mA/cm<sup>2</sup>. Por ello lo ideal es contar con un multímetro o amperímetro. (Ver indicaciones al docente). Después de unos 15-20 minutos se interrumpe el paso de corriente, se saca de inmediato el trozo de metal de la solución, se enjuaga con agua y se seca.

¿Qué aspecto tiene el trozo de hierro galvanizado cuando se compara con un material sin tratar?

¿Cómo es la resistencia del hierro galvanizado frente al aire húmedo en comparación con el hierro original? (Ensayar).

¿Qué proceso ocurrió en el ánodo de la celda electrolítica?

Escribir las semirreacciones de los procesos redox que ocurren en el cátodo y en el ánodo.

¿En qué electrodo ocurre la oxidación?

¿En cuál electrodo tiene lugar la reducción?

¿Se observará un depósito de cinc cuando se introduce un trozo de hierro en una solución de una sal de cinc? (Ensayar).

¿Cómo se explica el resultado de la observación anterior?

Determinan la cantidad de cinc que se ha depositado (véase la actividad 4, particularmente las indicaciones al docente).

#### INDICACIONES AL DOCENTE

**!** Es importante que el docente lea cuidadosamente a los estudiantes las indicaciones en la actividad 4 de esta unidad. A continuación intervendrá para que se inicie un breve debate acerca de las precauciones que los estudiantes deben tomar con el fin de evitar accidentes.

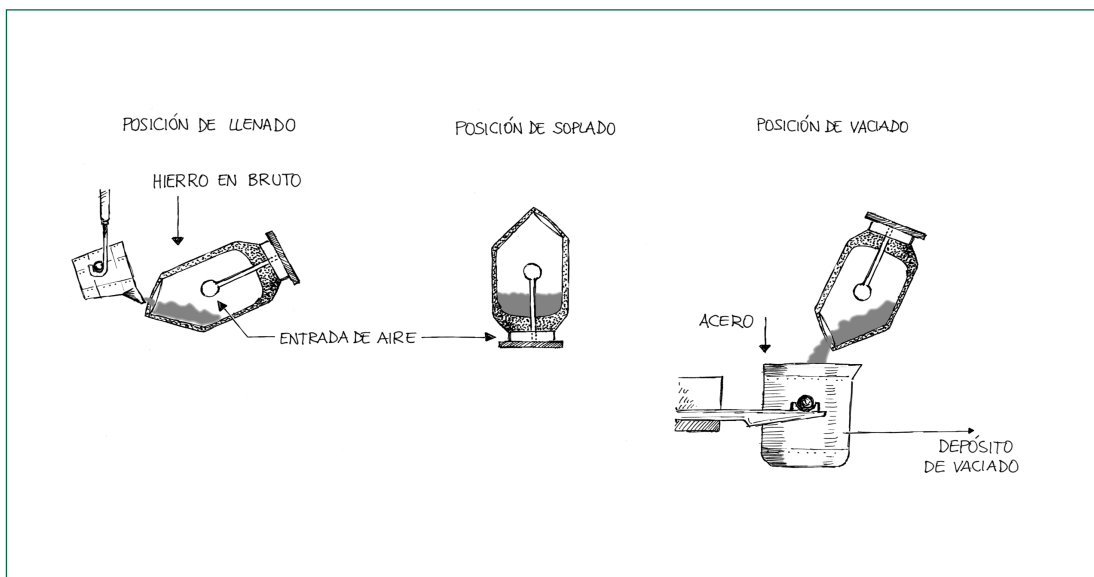
El docente ensayará la polaridad de los electrodos para que efectivamente el trozo de cinc puro funcione como ánodo y el trozo de hierro como cátodo. En el cátodo ocurre el proceso de reducción y es el electrodo conectado al polo + de la pila.

Es importante que los alumnos y alumnas distingan claramente entre los diferentes procesos metalúrgicos: pirometalurgia, hidrometalurgia y electrometalurgia.

En las reacciones de un alto horno es importante que los estudiantes distingan entre las diferentes etapas de reducción y aprendan que estos no son procesos de equilibrio. Alumnas y alumnos deberán conocer la evolución que ha tenido la metalurgia del hierro desde su invención, los principales minerales nacionales, los grandes productores de aceros especiales de alta calidad (Suecia, Japón, Alemania, etc.) y los productores de aceros en gran escala (China, Taiwán, Corea, etc.).

El siguiente esquema muestra el proceso de obtención de acero según Bessemer o Thomas. El hierro en bruto es vaciado al estado fundido en un gran recipiente denominado convertidor, que puede contener hasta alrededor de 60 toneladas de hierro, y que puede ser girado en diferentes posiciones. Por el fondo del convertidor se puede insuflar aire, lo que se realiza una vez que el convertidor está lleno con hierro, con el fin de oxidar las impurezas que acompañan al metal, principalmente carbono. Como el proceso de oxidación es exotérmico, la temperatura de la masa de hierro se mantiene sin necesidad de aporte externo de calor. Transcurridos 15-20 minutos el proceso de oxidación finaliza, lo cual se reconoce por el color de la llama que sale por la abertura del convertidor. Finalmente, se gira el convertidor y se vacía el acero para su posterior utilización.

### Proceso de obtención de acero con un convertidor



(Adaptado de H.R. Christen, Grundlangen der allgemeinen und anorganischen Chemie, Editorial Suerländer Aarau, Frankfurt, 1968).

El galvanizado es un proceso de gran importancia tecnológica y por ello los estudiantes indagarán en qué tipo de industrias se aplica, qué usos tiene el hierro galvanizado y qué otra clase de proceso de galvanizado existe, además del proceso electroquímico. En este punto, el docente deberá recordar a los estudiantes lo señalado en la Unidad 2 del programa de 3º Año Medio en relación a la protección galvánica de metales contra la corrosión.

### Actividad 3

---

#### Desarrollan el tema de metalurgia de minerales de cobre.

##### Ejemplo

Desarrollan el tema de la metalurgia del cobre, haciendo exposiciones tipo panel. Hacen una exposición con láminas y fotografías de los minerales, procesos a los cuales son sometidos y productos obtenidos. Comparan propiedades relevantes del cobre con las del bronce, la más común de sus aleaciones.

Para la realización de estos trabajos pueden considerarse los siguientes temas:

- Minerales de cobre. Comparación de óxidos y sulfuros de cobre en relación al proceso de extracción del metal.
- Pretratamiento de los minerales. Lixiviación bacteriana.
- Obtención del cobre. Cobre blister y electrolítico.
- Aleaciones de cobre: latón y bronce.

#### INDICACIONES AL DOCENTE

La lixiviación bacteriana posee considerable importancia en la metalurgia del cobre y debe ser tratada con cierto detalle. Es importante hacer notar que muchos microorganismos son sensibles al cobre, que tiene efectos tóxicos sobre ellos. La lixiviación bacteriana es en este respecto un proceso notable, no sólo por su utilidad tecnológica sino que también por sus aspectos biológicos.

La obtención del cobre debe estar dirigida a aspectos que no fueron cubiertos en el programa de química de 1º Medio, y que se relacionan con la termodinámica de procesos (potenciales redox, principalmente).

Las aleaciones de cobre más comunes son latón y bronce, pero alumnos y alumnas no deberán restringir su conocimiento de estos materiales a estas aleaciones únicamente. Un lugar destacado pueden ocupar otras aleaciones, como las que se utilizan como conductores en las pilas alcalinas y que son resistentes a la corrosión y pueden ser soldadas a aceros, hierro, cobre y otros metales.

#### Actividad 4

##### Realizan la purificación electrolítica del cobre.

##### Ejemplo

Preparan 200 mL de una solución acuosa de sulfato de cobre 0,5M a la que agregan 0,2 mL de ácido sulfúrico concentrado en un vaso de 250 mL y la electrolizan usando una batería de 6 V o un alimentador (llamado comúnmente "eliminador de pilas"). Como electrodos usan láminas o placas delgadas de cobre. Antes de comenzar la electrólisis pesan el ánodo y el cátodo y al término del proceso vuelven a determinar sus masas, luego de haberlos enjuagado y secado.

Redactan un breve informe que contenga:

- Bases teóricas del procedimiento usado: potenciales redox.
- Carga eléctrica que debe haber circulado por el circuito para la producción de una cantidad equivalente a una fracción definida de la masa atómica del cobre.
- Costo de la energía eléctrica del proceso industrial para la purificación de 1 kg de cobre.
- Efecto de la temperatura y de la agitación sobre la velocidad de electrodeposición del cobre (algunos grupos trabajan a temperatura ambiente, otros calientan la celda electroquímica a 50 ó 60 °C. Dos grupos que trabajan a la misma temperatura realizan la electrólisis con y sin agitación).
- Significado e importancia de las leyes de Faraday de la electrólisis, para la determinación de la masa transformada en un proceso electroquímico.
- Comparación de las condiciones y escala del proceso industrial con la realizada en el laboratorio.
- Aspectos ambientales de la electrometalurgia del cobre.

##### INDICACIONES AL DOCENTE

En general el experimento puede ser realizado en 30 minutos, pero es importante que el docente realice un ensayo previo de manera que la electrólisis de la solución de sulfato de cobre se prolongue por el tiempo suficiente para que el incremento de masa del cátodo pueda ser detectado. Ello depende de la precisión de la balanza disponible y de las condiciones de la electrólisis.

Los siguientes datos obtenidos en un ensayo pueden orientar al docente:

Electrolito: 200 mL  $\text{CuSO}_4$  0,5 M, al que se adicionó 0,2 mL de ácido sulfúrico concentrado.

Temperatura: 27°C

F.e.m.: 5,4 V

Intensidad inicial de corriente: 740 mA

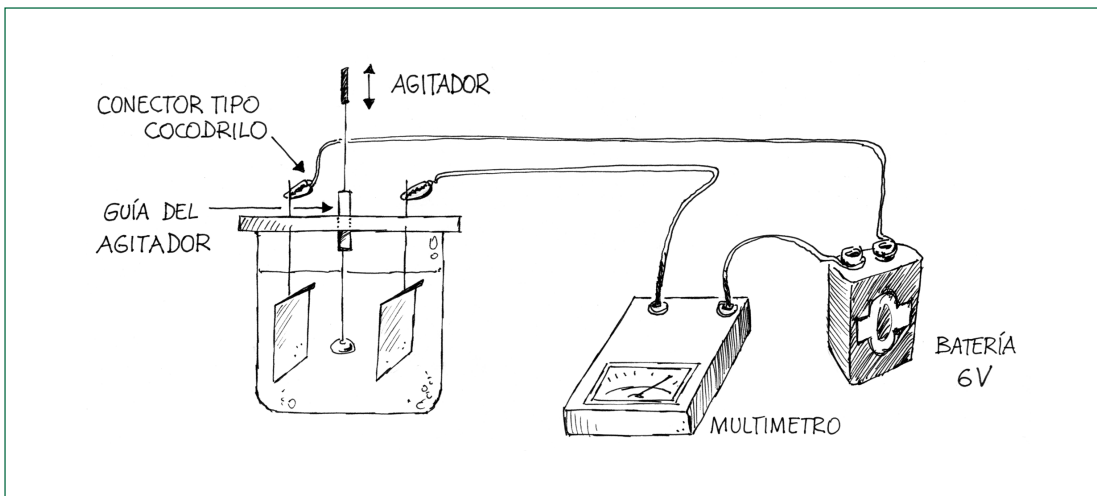
Intensidad final de corriente: 730 mA  
Tiempo total de electrólisis: 60 minutos  
Distancia entre los electrodos: 3 cm  
Superficie total de c/u de los electrodos: 38 cm<sup>2</sup> (ambas caras)  
Condiciones: Sin agitación ni aditivos.

Masa inicial del cátodo: 3,7 g  
Masa final del cátodo: 4,5 g

La masa de cobre electrodepositada en 1 hora fue de 0,8 g.  
(La disminución de masa del ánodo fue 0,9 g. La diferencia entre el incremento de masa del cátodo y la disminución de masa del ánodo se debe a otros procesos secundarios que ocurren en los electrodos. En el caso del cátodo también puede producirse algún desprendimiento de hidrógeno, proceso que consumirá parte de la corriente eléctrica circulante. En ánodos conteniendo impurezas, éstas se depositan en el fondo formando los llamados *barros anódicos*).

Se recomienda preferir el uso de un alimentador de voltaje variable a una pila o batería, ya que así será posible disminuir el tiempo del experimento y regular el voltaje. En este caso se debe cuidar de no sobrepasar la intensidad de corriente nominal que aparece impresa en el alimentador, por lo que conviene iniciar la electrólisis con el voltaje mínimo. Si se dispone de un multímetro o amperímetro éste es conectado en serie al circuito y luego se aumenta el voltaje del alimentador hasta alcanzar aproximadamente un 75% de la intensidad de corriente nominal. En el caso descrito se usó un rectificador de 1000 mA y la intensidad de corriente de trabajo fue 730-740 mA.

**!** Es muy importante advertir a alumnos y alumnas acerca del grave peligro que involucra intentar el uso de la electricidad domiciliaria para realizar una electrólisis. En ningún caso deberán conectar los electrodos de la celda electroquímica a la red de 220 V. Siempre deberán usar pilas, baterías o un rectificador apropiado ( $I_{\max} = 1-1,5A$ ) con un voltaje de 5-8 V, evitando en todo momento que se produzca un cortocircuito. Es importante tener en cuenta que el voltaje nominal de los alimentadores suele ser bastante impreciso.



Es importante cuidar que los electrodos no se toquen cuando está conectada la batería. Por ello el agitador debe ser instalado de modo que se deslice dentro de un tubo o guía para asegurar que no tope con los electrodos y se produzca un cortocircuito a través del agitador.

Importa que los estudiantes aprendan a realizar el cálculo de la cantidad de cobre depositada durante la electrólisis. Usando los datos del ensayo:

$$I_{\text{promedio}} = (0,740 \text{ A} + 0,730 \text{ A})/2 = 0,735 \text{ A} = 0,735 \text{ C/s}$$

$$Q_{\text{total}} = I_{\text{promedio}} \cdot t = 0,735 \text{ C/s} \cdot 1 \text{ h} \cdot 3600 \text{ s/h} = 2646 \text{ C}$$

Para el depósito electrolítico de 1 masa molar de cobre, 63,5 g, se requieren 2 Faraday, lo que equivale a  $96487 \cdot 2 \text{ C mol}^{-1}$  y por lo tanto

$$63,5 \text{ g mol}^{-1}/(96487 \cdot 2 \text{ C mol}^{-1}) = x \text{ g}/2646 \text{ C}$$

De donde  $x = 0,87 \text{ g}$ , que está en acuerdo razonable con la masa de cobre obtenida durante el experimento (0,8 g).

### Actividad 5

**Se informan sobre la industria del vidrio e industrias alternativas.**

Ejemplo

El docente organiza al curso en grupos a los que asigna los diferentes temas a ser presentados en forma de panel:

- Antecedentes históricos sobre la fabricación del vidrio:  
Egipto, Italia, Siria. Cristales de Venecia y Bohemia.
- Materias primas utilizadas en la fabricación del vidrio. Principales yacimientos regionales de dichas materias primas en el país.
- Procesos básicos en la fabricación del vidrio.
- Clases de vidrio en cuanto a su composición química: vidrios de cuarzo y vidrios ordinarios. Vidrios de cal y de plomo.
- Clases de vidrio en relación a los métodos de fabricación y aplicaciones: vidrio al crisol, prensado, colado, laminado y soplado. Fibra y lana de vidrio.



Vidrios ópticos y para utensilios químicos (Duran®, Pyrex®, etc.). Cristales de color y fotocromáticos. Vidrios de seguridad (inastillables, resistentes a impacto, vidrios de protección contra las radiaciones ionizantes).

- Vidrio vs. plásticos. Aspectos económicos, sanitarios y ambientales.
- Concepto de desarrollo sustentable.

#### INDICACIONES AL DOCENTE

La comparación del vidrio con plásticos es de bastante importancia porque la fabricación del vidrio involucra procesos que requieren altas temperaturas y mucha energía. Por otro lado, el reciclaje del vidrio se ha ido extendiendo para disminuir los costos de producción y el impacto ambiental.

Los plásticos, a su vez, no siempre son apropiados como envases de alimentos y a menudo se pueden detectar restos de plastificantes en los alimentos que son envasados en caliente en recipientes plásticos (manjar blanco, mermeladas, etc). Por esa razón la utilización de plásticos como envases alimenticios, en dichos casos, puede ser cuestionada.

Es importante que alumnos y alumnas confeccionen una tabla en la que consideren diversos factores y ventajas comparativas de la utilización de envases plásticos y de vidrio. Dicha tabla podrá ser, por ejemplo, similar a la siguiente:

	Plástico	Vidrio
Impacto ambiental total en la fabricación del envase		
Impacto ambiental del uso y eliminación (o reciclaje) del envase		
Factibilidad del reciclaje		
Ciclos de utilización (vida útil)		
Aspectos sanitarios		
Disponibilidad de materias primas		
Consumo de agua por kg de material		
Costo aproximado de las materias primas		
Costo total, aproximado, de la producción		
Costo aproximado del transporte		
Facilidad de la manipulación (Pérdidas y riesgos por rotura).		

Es seguro que varios de esos ítemes serán difíciles de evaluar, pero no por eso pueden ser excluidos.

Es importante que los estudiantes comprendan que el vidrio no es un compuesto químico, sino que un material cuya composición química varía dentro de amplios límites y que sus propiedades mecánicas (dureza, flexibilidad) y ópticas (color, transparencia) dependen de aquella y del tratamiento térmico a que el vidrio es sometido durante su fabricación.

También es importante que el docente se refiera a que el vidrio no presenta un punto de fusión, sino que a medida que se aumenta la temperatura disminuye paulatinamente su viscosidad.

Si es posible, el profesor o profesora podrá organizar una visita a un taller de soplado de vidrio o, si posee habilidades, mostrar cómo se puede doblar un vidrio, confeccionar un capilar o hacer un pequeño matraz a la llama del mechero. Para ello se recomienda usar vidrio blando de soda que, no obstante su escasa resistencia mecánica, exhibe una temperatura de trabajo que es considerablemente menor que la del vidrio usado comúnmente para esos fines.

### Actividad 6

**Se informan y debaten diversos aspectos de la obtención industrial y utilización de un polímero de interés tecnológico.**

#### Ejemplo

Indagan acerca de la obtención de polietileno, las materias primas que son necesarias, la forma de obtención del polímero, la cinética y mecanismo de la reacción de polimerización, los volúmenes de producción mundiales y los problemas medioambientales asociados a su uso.

En grupos, alumnas y alumnos indagan y buscan información en diversas fuentes (enciclopedias, internet, visitas a industrias de plásticos basados en polietileno, etc) de modo de responder de manera informada y completa a las siguientes preguntas:

- ¿De dónde se obtiene el etileno?
- ¿Cómo se obtiene el polietileno?
- ¿Qué es un catalizador de polimerización y qué catalizadores se utilizan en la fabricación del polietileno? ¿Cómo actúa el catalizador en la reacción de polimerización del etileno?
- ¿Cuál es el mecanismo de la reacción de polimerización del etileno?
- ¿De qué manera se usa radiación de alta energía para producir la polimerización de etileno?
- ¿Cuáles son los volúmenes mundiales en la producción de polietileno y en qué se utiliza preferentemente este polímero?

#### INDICACIONES AL DOCENTE

Esta actividad es de importancia fundamental porque engloba contenidos y conceptos de las tres unidades de este programa y, además, integra conocimientos de diversas áreas de la química: química orgánica, reacciones ácido-base, reacciones redox, enlace químico, termodinámica, cinética, polímeros, fenómenos nucleares asociados a la química y tecnología de procesos químicos industriales.

En 1963 fue conferido el premio Nobel de química a Karl Ziegler y Giulio Natta, por su contribución a la química y tecnología de los polímeros. Un importante hallazgo casual de Ziegler se produjo cuando calentó etileno y trietilaluminio,  $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ . En vez de obtener lo que esperaba, un compuesto de aluminio con grupos orgánicos de mayor longitud de cadena, obtuvo el dímero de etileno, 1-buteno,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ .

Este resultado inesperado fue luego explicado por Ziegler en términos de la presencia de pequeñas cantidades de níquel que había sido usado previamente en el recipiente. Esto condujo al descubrimiento que la combinación del trietilaluminio y níquel era capaz de producir la polimerización del etileno y de otros hidrocarburos insaturados para dar un polímero lineal. La aplicación industrial de este descubrimiento llevó a una verdadera revolución en la tecnología de los polímeros, particularmente en la fabricación de plásticos, fibras, gomas y películas plásticas. Los catalizadores de Ziegler y Natta utilizados para la polimerización de olefinas son mezclas de diversa composición. Una de ellas es una mezcla de tetracloruro de titanio,  $\text{TiCl}_4$  y un trialkilaluminio,  $\text{AlR}_3$ , R = alquilo.

Es importante que los estudiantes reconozcan en el doble enlace un sitio de especial reactividad, que bajo condiciones apropiadas puede producir polimerización que en el etileno produce grandes moléculas poliméricas que contienen sobre 800 unidades monoméricas. Es importante hacer notar que aunque un enlace doble es de mayor energía que uno simple es también bastante más reactivo que éste. (Véase Programa de Estudio Tercer Año Medio, Formación General Educación Media, UCE, 2000, Mineduc, pág. 48).

#### Observación

Al término de las actividades experimentales los alumnos y alumnas ayudarán al docente a ordenar el laboratorio, eliminando responsablemente, esto es, con cuidado del medio ambiente, los restos de todas las disoluciones usadas en las prácticas, que no sean susceptibles de ser reutilizadas.

Las soluciones ácidas y básicas serán neutralizadas con carbonato de sodio y ácido clorhídrico, respectivamente.

Las soluciones neutras serán diluidas con bastante agua y descartadas vertiéndolas en los desagües. El profesor o profesora supervisará que todas estas operaciones sean realizadas de manera correcta y responsable.

Para la eliminación de las otras sustancias ver las indicaciones al docente y la bibliografía.



## Anexo 1: Ejemplos de actividades de evaluación

### Introducción

Las actividades de evaluación son desarrolladas a través de ejemplos, para evaluar así los logros alcanzados por los estudiantes con respecto de los aprendizajes esperados de las diversas unidades del programa y también de los Objetivos Fundamentales Transversales.

Tal como en los programas anteriores, las actividades aquí descritas son opcionales y el docente puede reemplazarlas por otras que le parezcan más apropiadas y que siempre cumplan con el mismo cometido.

La evaluación comprende múltiples aspectos y puede ser aplicada de varias formas:

- Pruebas escritas de desarrollo.
- Trabajos grupales de indagación e investigación bibliográfica o de otro tipo.
- Descripción escrita que muestre comprensión en la realización de actividades experimentales, a través de protocolos de trabajo e informes.
- Disertación sobre temas escogidos.
- Entrevistas a expertos.
- Evaluación, realizada por el profesor o profesora, con respecto a la dedicación, minuciosidad y seriedad en el trabajo experimental, cuidado de sí mismo, de los compañeros y de los materiales de experimentación.
- Evaluación del cuidado del medio ambiente demostrado en la realización de los experimentos y en la eliminación de los residuos.
- Autoevaluación de desempeño, centrado en el esfuerzo personal, la búsqueda exhaustiva de información, la dedicación, el compañerismo, la honestidad en la presentación de los resultados y en la realización efectiva de trabajos individuales o grupales.

Es importante que alumnas y alumnos verbalicen frecuentemente sus aprendizajes y que estructuren su lenguaje usando conceptos y términos recientemente adquiridos.

Es fundamental que el docente exija a sus estudiantes un uso preciso y pertinente del lenguaje en relación a su nivel educativo: esto es, que cada término sea usado en el contexto que corresponde y que se distinga claramente entre los modelos o representaciones y las realidades que éstos describen.

## Ejemplos de preguntas para la evaluación

---

Unidad 1, Ejemplo 1

Evaluación a través de una prueba escrita

### Aprendizajes esperados

- Distinguen las diversas propiedades físicas de materiales poliméricos y comprenden sus aplicaciones en la elaboración de materiales de uso común.

### Ejemplos de preguntas para una prueba

Dibujar la estructura de dos posibles monómeros de partida, dadas las estructuras generales de los respectivos polímeros.

Asignar algunas propiedades físicas características y aplicaciones domésticas a dos o tres tipos de plásticos.

Explicar qué se entiende por reciclado de un plástico y cuál es el propósito de este proceso en términos del impacto ambiental.

### Indicadores

- Distingue claramente los conceptos de monómero y polímero.
- Aplica conocimientos de estructuras orgánicas en la identificación de los componentes a partir de los que se elaboran materiales poliméricos de uso doméstico.
- Demuestra cierto nivel de comprensión sobre la relación entre ciencia básica y tecnología en lo referente a los plásticos.
- Conoce y valora los beneficios en la vida diaria de la química de materiales poliméricos.
- Está informado acerca de cómo se aplica la química al control y protección del medio ambiente, particularmente en lo que se refiere al proceso de reciclado.
- Utiliza correctamente el lenguaje científico.
- Comunica sus conocimientos de manera clara y breve, sin descuidar lo esencial.

---

## Unidad 1, Ejemplo 2

### Evaluación de una actividad grupal

#### Aprendizajes esperados

- Identifican aspectos estructurales relacionados con la composición y organización de las proteínas.

#### Actividad

Organizados en grupos de a dos, alumnos y alumnas indagan en diversas fuentes de información acerca de los aminoácidos que se hallan en los seres vivos. Seleccionados por sorteo, algunos grupos exponen ante el curso aspectos de su trabajo indicados por el docente.

Como pauta general de los puntos que debe contener el trabajo grupal, se darán las siguientes indicaciones:

- diferencian entre una proteína y los aminoácidos a partir de los cuales ésta puede ser, al menos en principio, sintetizada;
- dibujan estructuras de dipéptidos formados por dos aminoácidos, por ejemplo serina y fenilalanina, destacando el enlace peptídico; y
- confeccionan un cuadro con las estructuras de los aminoácidos esenciales. Dicho cuadro o tabla debe organizarse ordenando los aminoácidos en conjuntos según la estructura o grupos funcionales localizados en el sustituyente R de la estructura general.

*Consideran como criterio de ordenamiento de los aminoácidos, en relación con sus características estructurales, los siguientes conjuntos:*

1. El grupo R corresponde a una cadena alifática (glicina, alanina, valina, leucina e isoleucina).
2. El grupo R corresponde a una cadena con un grupo hidroxilo sobre un carbono alifático (serina y treonina).
3. El grupo R corresponde a una cadena con sustituyentes cíclicos (fenilalanina, tirosina y triptófano).
4. El grupo R corresponde a una cadena alifática con un átomo de azufre (cisteína, metionina).
5. El grupo R corresponde a una cadena alifática con grupos carboxilo y carboxamida (ácido aspártico, ácido glutámico, asparragina y glutamina).
6. El grupo R es una cadena con grupos nitrogenados básicos (lisina, arginina, histidina y prolina).

- usando colores vistosos en transparencias o dibujos, destacan en la estructura de algunos aminoácidos los grupos que se encuentran unidos al carbono alfa y construyen modelos moleculares de dichos aminoácidos;
- explican cómo se deduce la estructura de los correspondientes iones dipolares, comentan sobre sus propiedades más relevantes y las ilustran mediante una tabla comparativa; y
- dibujan la estructura de los aminoácidos cuando se encuentran en medios de pH bajo y alto y construyen, en cada caso, los modelos moleculares correspondientes.

### Indicadores

- Clasifica correctamente los diferentes aminoácidos.
- Destaca la importancia de los aminoácidos para los seres vivos.
- Comprende el concepto de aminoácido esencial.
- Diferencia entre aminoácidos esenciales y otros que no lo son.
- Explica la estructura primaria de una proteína como una cadena formada por la polimerización de aminoácidos en una cierta secuencia.
- Demuestra conocer que existe una relación entre la estructura y las propiedades de los aminoácidos, particularmente en lo que se refiere a su función biológica.
- Expone en forma clara y ordenada.
- Utiliza apropiadamente el lenguaje científico.
- Demuestra conocer apropiadamente los términos y conceptos contenidos en su trabajo.
- Está abierto a responder consultas.
- Reconoce, eventualmente, que no comprende bien algunos aspectos del tema expuesto.
- Utiliza de manera apropiada las fuentes de información, en especial, las redes de internet.



## Unidad 1, Ejemplo 3

## Evaluación de una actividad grupal

**Aprendizajes esperados**

- Reconocen las estructuras de polímeros orgánicos y las unidades que intervienen en su formación.
- Identifican aspectos estructurales relacionados con la composición y organización de las proteínas.
- Comprenden el rol biológico de ciertas proteínas en función de sus estructuras.

**Actividad**

Se organiza al curso en dos grupos de alumnos y alumnas para reunir información que permita conocer la clasificación de las diferentes proteínas. Uno de los grupos trabaja con las proteínas simples y el segundo, con las proteínas conjugadas. Cada grupo confecciona un esquema para mostrar al curso las diferentes clases de proteínas con que trabaja.

*A modo de pauta para su trabajo se indica que:*

- considerarán las siguientes clases de proteínas:
  - a. proteínas simples: fibrosas, globulares;
  - b. proteínas conjugadas: lipoproteínas, glicoproteínas, nucleoproteínas, hemoproteínas;
- analizarán, para cada tipo de proteína, algunos ejemplos (colágeno, elastina, queratinas, albúminas, glicoproteínas, etc.);
- deberán escoger una proteína, por ejemplo queratina, y analizarán su estructura y las propiedades que de ella se derivan;  
(En este caso, deberán destacar las cadenas paralelas de hélices alfa enrolladas y en base a dicha estructura explicarán la relativamente alta resistencia a la tracción. Se comentará, también, que esta proteína posee un 14% del aminoácido cisteína y cómo a través del grupo SH se forman uniones disulfuro que explican la resistencia antes dicha);
- señalarán los grupos de proteínas simples y conjugadas;
- explicarán las diferencias entre una o más parejas de proteínas, por ejemplo una proteína estructural (queratina) y una proteína de transporte (hemoglobina); y
- debatirán acerca de la influencia del nivel de organización de una proteína respecto de su función biológica.

### Indicadores

- Reconoce a las proteínas formadas por la polimerización de aminoácidos.
- Clasifica las proteínas en función de sus propiedades estructurales y/o funcionales.
- Relaciona las propiedades de proteínas con sus niveles de organización y ciertos grupos funcionales de las cadenas poliméricas.
- En un documento reúne ordenadamente la información recopilada junto con las fuentes de información empleadas para que pueda ser consultada por sus pares.
- Realiza una búsqueda exhaustiva de información.
- Sistematiza la información adecuadamente utilizando esquemas.
- Utiliza adecuadamente el lenguaje científico.
- Demuestra comprender los términos y conceptos utilizados.
- Valora la existencia de los seres vivos como entes organizados en los que intervienen sistemas, estructuras y funciones que se relacionan estrechamente con la química de las proteínas.

---

## Unidad 1, Ejemplo 4

### Evaluación de una prueba escrita

#### Aprendizajes esperados

- Comprenden el rol biológico de ciertas proteínas en función de sus estructuras.
- Reconocen las estructuras de los ácidos nucleicos y sus funciones en el mensaje genético.

#### Actividad

Ejemplos de preguntas para una prueba:

- ¿Cuáles son las funciones de los ácidos nucleicos en los seres vivos?
- Explicar cuáles son las diferencias estructurales en la composición básica de ARN y ADN.
- ¿Qué interacciones moleculares definen la estructura secundaria del ADN?
- Esquematizar la replicación del ADN y explicar cómo se inicia dicho proceso.

#### Indicadores

- Distingue entre la estructura básica de los ácidos nucleicos y sus funciones biológicas.
- Identifica las características que definen la estructura secundaria de una macromolécula.
- Reconoce la importancia de la interacción por puente de hidrógeno para entender la estabilización de algunas macromoléculas biológicas, así como también su rol en la replicación.
- Utiliza correctamente el lenguaje científico.
- Escribe y expone en forma clara, sintética y completa.

## Unidad 2, Ejemplo 1

## Evaluación de una actividad grupal

## Aprendizajes esperados

- Identifican los factores determinantes de la estabilidad nuclear.
- Aplican el concepto de vida media de desintegración radiactiva.

## Actividad

Un grupo de alumnas y alumnos analiza la estabilidad de los isótopos de dos elementos, uno en la zona baja de la franja de estabilidad ( $Z=1$  a  $20$ ), el carbono ( $Z=6$ ); el otro en la zona alta de la franja de estabilidad ( $Z > 20$ ), el cromo ( $Z=24$ ). Para ello proceden como sigue:

- Disponen los símbolos de los isótopos de los elementos carbono y cromo y los ordenan en una tabla en la que aparecen los símbolos y las vidas medias, en orden creciente de duración. Para ello se les provee de los siguientes datos de vidas medias (s=segundo, min=minuto, h=hora, a=año).

## Carbono

$^{10}_6\text{C}$  (20 s);  $^{11}_6\text{C}$  (20 min);  $^{12}_6\text{C}$  (estable);  $^{13}_6\text{C}$  (estable);  $^{14}_6\text{C}$  (5730 a);  $^{15}_6\text{C}$  (2,4 s);  $^{16}_6\text{C}$  (0,7 s).

## Cromo

$^{48}_{24}\text{Cr}$  (23 h);  $^{49}_{24}\text{Cr}$  (41,9 min);  $^{50}_{24}\text{Cr}$  (estable);

$^{51}_{24}\text{Cr}$  (42 min);  $^{52}_{24}\text{Cr}$  (estable);  $^{53}_{24}\text{Cr}$  (estable);  $^{54}_{24}\text{Cr}$  (estable);  $^{55}_{24}\text{Cr}$  (3,5 min);  $^{56}_{24}\text{Cr}$  (5,9 min).

- Explicar los conceptos de número másico y de número atómico.
- Señalar cuántos neutrones contiene el núcleo de cada uno de esos isótopos.
- Explicar por escrito y verbalmente qué entienden por el concepto de vida media.
- Intentar relacionar la estabilidad nuclear de los isótopos de un elemento, informada por su vida media, con el cociente del número de neutrones/protones.

### Indicadores

- Sintetiza la información según las pautas señaladas en la presentación de la actividad.
- Relaciona los datos entregados con el diagrama que describe la franja de estabilidad de diversos isótopos.
- Comprende que el cociente del número de neutrones al número de protones afecta de modo diferente la estabilidad de elementos situados en cada una de las zonas de la franja en cuestión.
- Aplica correctamente los conceptos de número atómico, número másico y vida media.
- Presenta esquemas en forma organizada, clara y ordenada.
- Comunica, en forma comprensible, en un informe escrito, los resultados de la investigación.
- Utiliza el vocabulario científico adecuado para presentar la información a sus pares.

## Unidad 2, Ejemplo 2

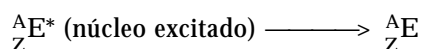
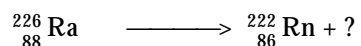
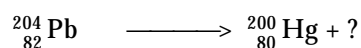
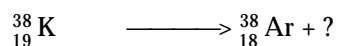
## Evaluación a través de una prueba escrita

## Aprendizajes esperados

- Distinguen las diferentes clases de emisiones radiactivas y sus propiedades.
- Aplican el concepto de vida media de desintegración radiactiva.
- Reconocen y evalúan los riesgos para el ser humano de las emisiones radiactivas naturales e inducidas y aprenden sobre métodos de protección.

## Ejemplos de preguntas para la prueba

- Completar las siguientes reacciones nucleares:



- Especificar claramente el tipo de emisión radiactiva que resulta en cada una de las reacciones nucleares indicadas.
- Señalar, en orden decreciente, el poder de penetración relativo de las emisiones radiactivas especificadas en el punto anterior.
- Indicar cuál de las emisiones radiactivas reviste mayor peligro y cuál menor peligro para el ser humano.
- Calcular el número de núcleos radiactivos, de una muestra que inicialmente contiene “ $N_0$ ” núcleos, después que han transcurrido tres vidas medias.
- Si la vida media de los núcleos anteriores es de 11 días. ¿A qué intervalo de tiempo corresponden 10 vidas medias?

## Indicadores

- Completa e iguala una ecuación de desintegración nuclear.
- Individualiza el tipo de emisión radiactiva que interviene en una reacción nuclear que ha completado.
- Ordena el grado de penetración relativa de las diferentes emisiones radiactivas.
- Asocia a las diferentes emisiones, de acuerdo a su poder de penetración, una diferente peligrosidad para el ser humano.
- Aplica el concepto de vida media en diversos contextos.

## Unidad 2, Ejemplo 3

## Evaluación por medio de un trabajo escrito grupal

**Aprendizaje esperado**

- Aplican el concepto de vida media de desintegración radiactiva.

**Ejemplos de temas a desarrollar en el trabajo**

En grupos de dos estudiantes desarrollan algunos de los siguientes temas:

- Un isótopo X es radiactivo. ¿Cuál será su concentración después de 2 vidas medias, si su concentración inicial era 0,5 M?
- El concepto de vida media se utiliza también para el estudio de la evolución de la concentración de un fármaco que se halla en la sangre de un paciente. ¿Qué concentración sanguínea habrá alcanzado una sustancia, cuya vida media es de 3 días, al cabo de 12 días si su concentración inicial era de  $2 \cdot 10^{-6}$  M?
- La vida media del isótopo  $^{14}\text{C}$  es de 5730 años. ¿Cuántos años han transcurrido desde la fabricación de un tejido vegetal si el número de átomos de carbono radiactivos se ha reducido a 1/4 del valor que tenía en el vegetal vivo?
- La vida media de un grupo de personas de 70 años de edad es de 8 años. ¿Cómo se interpreta ese dato?
- La vida media de un isótopo es de 20 días. ¿Cuánto tiempo debe transcurrir para que el número de núcleos de dicho isótopo radiactivo se reduzca a 1/16 del valor inicial?

**Indicadores**

Se aplican en cada caso los indicadores que sean pertinentes:

- Identifica el concepto de vida media.
- Aplica el concepto de vida media en diferentes contextos.
- Predice la concentración de una especie, conociendo la concentración inicial, la vida media de dicha especie y el tiempo transcurrido.
- Predice el tiempo transcurrido utilizando datos de concentraciones y de la vida media.
- Valora el concepto de vida media para la datación de objetos de interés arqueológico.

## Unidad 2, Ejemplo 4

### Evaluación a través de la confección de un portafolio y exposición de un tema

#### Aprendizajes esperados

- Reconocen los principales beneficios de la utilización de los fenómenos nucleares.
- Reconocen y evalúan los riesgos para el ser humano de las emisiones radiactivas naturales e inducidas, y aprenden sobre métodos de protección.

#### Actividad

Los estudiantes confeccionan, de manera individual, un portafolio en el que reúnen información acerca de:

- a. Los beneficios del uso de los fenómenos nucleares para el ser humano.
- b. Campos laborales, situaciones y actividades en las que el ser humano está expuesto a emisiones radiactivas, tanto naturales como inducidas.
- c. Métodos de protección frente a las emisiones radiactivas.

Una vez confeccionado el portafolio varios alumnos o alumnas, seleccionados por sorteo, exponen frente al curso acerca de alguno de los puntos anteriores.

#### Indicadores

- Valora el conocimiento de los fenómenos nucleares y su utilización como beneficio para el ser humano.
- Conoce los riesgos que involucran las emisiones radiactivas.
- Identifica actividades que revisten riesgo debido a las emisiones radiactivas.
- Reconoce las medidas básicas de protección frente a las emisiones radiactivas.
- Utiliza adecuadamente el lenguaje científico.
- Expone el tema en forma clara y comprensible.
- Usa apropiadamente las redes de información y los recursos bibliográficos disponibles en el establecimiento.



---

## Unidad 2, Ejemplo 5

### Evaluación a través del debate de situaciones en un contexto valórico

#### Aprendizajes esperados

- Reconocen los principales beneficios de la utilización de los fenómenos nucleares.
- Reconocen y evalúan los riesgos para el ser humano de las emisiones radiactivas naturales e inducidas y aprenden sobre métodos de protección.

#### Actividad

Los estudiantes, en grupos de a tres, debaten frente al curso las siguientes situaciones. El grupo designa a un expositor y a un moderador del debate.

- a. Se anuncia el paso de un barco con desechos radiactivos frente a nuestras costas. Se trata de evaluar los riesgos de dicha actividad, y de proponer y debatir acerca de las acciones que el grupo emprendería para denunciar y, evitar, si así lo ameritare, el paso de dicho barco.
- b. Un estudiante reniega apasionadamente, frente al curso, del uso de las tecnologías nucleares. Algún tiempo después uno de sus familiares cercanos enferma de cáncer y el médico tratante le aconseja someterse a una radioterapia.

Dicho estudiante se siente avergonzado frente a sus compañeros(as) por haber defendido tan vehementemente su punto de vista y ahora tener que manifestar que ha cambiado de opinión. ¿Qué le diría cada uno del grupo a este estudiante para demostrarle su aprecio y comprensión?

#### Indicadores

- Reconoce los beneficios del uso de tecnologías nucleares para la salud.
- Demuestra conocer los riesgos que involucran las emisiones radiactivas.
- Utiliza adecuadamente el lenguaje científico.
- Defiende de manera consistente sus puntos de vista.
- Demuestra apertura frente a puntos de vista que son diferentes al suyo.
- Es solidario y comprensivo con sus pares.

### Unidad 3, Ejemplo 1

## Evaluación a través de una prueba escrita

### Aprendizaje esperado

- Reconocen las principales materias primas y sus fuentes de obtención en el contexto de la industria química nacional.

### Ejemplos de preguntas para una prueba

- Seleccione de la lista siguiente los elementos químicos que son producidos en el país y que a su juicio son de importancia para la economía nacional, ya sea por su abundancia, costo o exclusividad de sus yacimientos en relación con los de otros países:

Oro, uranio, litio, carbono, sodio, azufre, nitrógeno, helio, cobre, polonio, oxígeno, fósforo.

#### *Justifique su elección.*

- En una figura que representa el contorno de nuestro territorio señale la ubicación de los principales yacimientos de minerales de cobre.
- Describa e ilustre mediante ecuaciones el proceso de obtención de ácido sulfúrico a partir de azufre. ¿Cuántos kilogramos de ácido sulfúrico se pueden obtener a partir de 8 kg de azufre, suponiendo un rendimiento del 90%?
- Discuta en forma breve y crítica aspectos ambientales relacionados con la industria del ácido sulfúrico.

### Indicadores

- Individualiza varios elementos químicos de importancia para la economía nacional.
- Ubica geográficamente algunos yacimientos cupríferos.
- Aplica relaciones estequiométricas entre los reactantes y productos para la reacción de formación de un producto industrial.
- Analiza de manera crítica aspectos ambientales de la fabricación del ácido sulfúrico.
- Comprende y usa correctamente el concepto de rendimiento.

---

### Unidad 3, Ejemplo 2

## Evaluación por medio de una actividad experimental

### Aprendizajes esperados

- Describen procesos modernos de obtención de metales y no metales de uso común a partir de sus minerales.

### Actividad

Realizan, en grupos de a dos alumnos o alumnas, la purificación electrolítica de cobre.

- Proceden experimentalmente según se describe en la actividad 4 de la unidad 3.
- Redactan el informe indicando la masa de cobre obtenido y la carga eléctrica que circuló por la celda electroquímica.
- Calculan la masa de cobre que teóricamente debió ser obtenida a partir de la carga eléctrica que efectivamente circuló.
- Señalan la manera adecuada de eliminar los residuos de las soluciones usadas, para esta actividad, en el laboratorio.

### Indicadores

- Disponen de manera cuidadosa y responsable el arreglo experimental para realizar la actividad.
- Confeccionan el informe de manera honesta, esto es, fiel a sus resultados.
- Realizan de manera apropiada los cálculos requeridos para determinar la masa de cobre.
- Valoran el cuidado del medio ambiente.
- Aplican acertadamente sus conocimientos para la eliminación responsable de los residuos en el laboratorio.

### Unidad 3, Ejemplo 3

## Evaluación a través de la confección de un portafolio

### Aprendizajes esperados

- Reconocen las principales materias primas y sus fuentes de obtención en el contexto de la industria química nacional.
- Describen procesos modernos de obtención de metales y no metales de uso común a partir de sus minerales.
- Comprenden y analizan aspectos básicos estequiométricos, termodinámicos y cinéticos de los procesos anteriores y de la fabricación del ácido sulfúrico.

### Actividad

- Los alumnos y alumnas, en grupos de a dos, se informan y confeccionan un portafolio sobre algunos aspectos de la metalurgia del hierro: yacimientos nacionales más importantes, procesos metalúrgicos para la obtención del hierro según las tecnologías actuales; estequiometría de los procesos metalúrgicos del hierro; termodinámica de la reacción de reducción de óxidos, en relación a los cambios de entalpía; impacto medioambiental de la metalurgia del hierro.

Luego, diferentes grupos exponen frente al curso uno de los puntos anteriores de su trabajo. Los estudiantes evalúan a sus pares de acuerdo a la pauta dada por los indicadores de evaluación e, independientemente de ello, el docente realiza una evaluación del trabajo de cada uno de los grupos.

### Indicadores

- Identifica lo esencial del tema a investigar y sintetiza la información relevante.
- Demuestra conocer los procesos metalúrgicos principales para la obtención del hierro.
- Aplica de manera adecuada sus conocimientos de estequiometría.
- Maneja los fundamentos termodinámicos para el cálculo de la entalpía de una reacción.
- Expone el tema de manera amena.
- Utiliza un lenguaje preciso y comprensible.
- Hace una búsqueda completa de información a través de medios bibliográficos y redes de información (internet) disponibles en el establecimiento.
- Utiliza ilustraciones y recursos gráficos.
- Escucha con atención las consultas de sus compañeros(as) y las responde apropiadamente.
- Valora el cuidado del medio ambiente (si es pertinente al tema).

---

### Unidad 3, Ejemplo 4

## Evaluación a través de una actividad grupal

### Aprendizajes esperados

- Reconocen las principales materias primas y sus fuentes de obtención en el contexto de la industria química nacional.
- Muestran un razonable dominio de los procesos y reacciones químicas involucradas en la fabricación de polímeros sintéticos y materiales inorgánicos de uso masivo: vidrio, cemento y cerámica.

### Actividad

En grupos de a dos, alumnas y alumnos desarrollan y se informan acerca de los siguientes temas:

- Materias primas que se utilizan en la industria del vidrio (cerámica y cemento).
- Procesos de fabricación del vidrio (cerámica y cemento).
- Aspectos energéticos y medioambientales de la fabricación del vidrio (cerámica y cemento).
- Aspectos valóricos relacionados con la responsabilidad de cada uno como potencial consumidor de productos que tienen diverso impacto medioambiental: materias primas utilizadas, procesos tecnológicos de fabricación, relación entre la masa del envase y la del producto, costo ambiental total, etc.
- La industria del plástico: polietileno, polipropileno y PVC. Materias primas, reacciones químicas y usos de estos plásticos.
- Impacto medioambiental del PVC, particularmente cuando es combustionado accidentalmente y en el procesamiento de la basura.

Algunos grupos, seleccionados por sorteo, exponen su trabajo ante el curso.

### Indicadores

- Demuestra conocer en sus rasgos más destacados las materias primas y procesos para la fabricación del vidrio (cerámica y cemento).
- Conoce de manera general aspectos termodinámicos de la fabricación del vidrio (cerámica y cemento): temperatura aproximada de trabajo y tipo de proceso involucrado, exotérmico o endotérmico.
- Usa de manera exhaustiva los medios de información a su alcance, particularmente los recursos bibliográficos y redes de información (internet).
- Identifica lo esencial del tema a investigar y sintetiza la información relevante.
- Escucha y considera de manera objetiva las opiniones divergentes de sus compañeras o compañeros.
- Valora la importancia de los criterios medioambientales para la utilización responsable de diversos productos de consumo.
- Analiza de modo exhaustivo y cuidadoso los factores que deben ser considerados para la evaluación medioambiental de un producto (no sólo su utilización, sino que también las materias primas, los procesos de producción, su transporte, venta, desecho y, eventualmente, su reciclaje).

## Anexo 2: Normas de seguridad en el laboratorio químico

Un OFT importante (autocuidado, persona y entorno) es el aprender a manejar y prevenir riesgos que son evitables y saber qué hacer en situaciones de riesgo.

Aquí se exponen las principales normas de seguridad que son aplicables a la mayoría de las situaciones experimentales en los trabajos del laboratorio escolar.

Es importante recalcar que la adecuada evaluación de los riesgos en la experimentación sólo puede ser realizada por el profesor o por la profesora de acuerdo con las características del grupo de alumnos o alumnas, el tamaño del curso y la calidad del entorno, vale decir, la infraestructura disponible. La responsabilidad de los estudiantes y su capacidad para seguir instrucciones son criterios fundamentales en esta evaluación.

Es lógico que el docente modifique las actividades experimentales de modo que el riesgo de éstas sea consecuente con su percepción de lo que es aceptable en las condiciones en que se desempeña su labor. Si trabaja en un laboratorio espacioso y bien instalado, con un ayudante y con varios monitores, en un curso pequeño que se caracteriza por su orden y responsabilidad, podrá proponer experimentos seguros que bajo otras condiciones involucrarían un alto riesgo.

Es importante que alumnas y alumnos manejen bien el concepto de riesgo y sean capaces de reconocer que la vida moderna, si bien ha eliminado algunos riesgos, ha creado otros. Vivir sin riesgo es imposible. Es riesgoso cruzar la calle, movilizarse en bus, en automóvil o en bicicleta. En el hogar se manipulan artefactos eléctricos, se usa gas en la cocina y también otros combustibles en las estufas; se utilizan herra-

mientas punzantes o cortantes (tijeras y cuchillos cartoneros). Se manipulan fósforos y soluciones corrosivas (hipoclorito de sodio) o líquidos inflamables (quitaesmalte, queroseno, bencina blanca, etc.). En la vida laboral hay profesiones y actividades que encierran más riesgo que otras: se trabaja en instalaciones eléctricas, en talleres con máquinas automáticas con piezas movibles a alta velocidad, se manipulan sustancias inflamables, se trabaja en altura o en las profundidades de una mina. El laboratorio es también una escuela para la vida: se debe actuar consecuentemente para que los estudiantes aprendan cómo manejarse apropiadamente y con seguridad en situaciones de riesgo.

En general, es aconsejable la instrucción de 2 a 3 monitores entre los alumnos más responsables, diestros e interesados en la química. Ello permitirá mejorar las condiciones de trabajo en el laboratorio, particularmente en lo relacionado con la seguridad de todos los estudiantes.

Las reglas que se describen a continuación deberán ser de conocimiento y dominio de todos los alumnos y alumnas. Se podrá elaborar un documento que resuma dichas normas, disponiendo al final de éste una colilla que el alumno o alumna firmará declarando conocerlas y comprometiéndose a cumplirlas cabalmente por su seguridad, la de sus compañeros y la del docente. Es importante que dichas reglas sean redactadas en forma fundamentada, breve, clara y categórica. Deberán ser debatidas y fundamentadas por alumnas y alumnos, de modo que conozcan la razón de ser de cada una de ellas:

- Los estudiantes deberán preparar sus sesiones experimentales de modo que estén bien informados acerca de lo que harán, qué tipo

de operaciones realizarán, cómo las ejecutarán y con qué fin, así como los riesgos que dichas actividades involucran.

- Jamás trabajar solos en el laboratorio, o sin supervisión del docente.
- Alumnos y alumnas evitarán correr, jugar o empujarse dentro del laboratorio, ya que estas conductas involucran muy alto riesgo para ellos y sus compañeros(as).
- No se debe beber o comer dentro del laboratorio, debido al riesgo de ingerir, junto con los alimentos, contaminantes volátiles presentes en el aire y partículas en suspensión o depositadas sobre dichos alimentos.
- El uso permanente de gafas de seguridad es obligatorio.

El profesor o profesora dará el ejemplo utilizándolas permanentemente. De otro modo, no se puede esperar que alumnas y alumnos estimen correctamente el riesgo que involucra no usarlas.

- En el laboratorio no se usarán sandalias y el pelo largo tendrá que sujetarse apropiadamente para proveer una visión despejada, evitando que se aproxime a la llama de los mecheros. También ello ayudará a prevenir otros accidentes que pueden producirse al enredarse aquél en los implementos de trabajo o al volcar recipientes. Evitar asimismo el uso de prendas de vestir sueltas, tales como bufandas, delantales o chalecos sin abrochar.
- Los estudiantes vestirán preferentemente delantal o ropas viejas cuando trabajen en el laboratorio, evitando así estropear sus uniformes o ropa en mejor condición.
- Las bocas de los tubos de ensayos que son calentados jamás deberán apuntar hacia sí mismo o en dirección a otros compañeros.
- Nunca se deberá probar sustancias químicas y para detectarlas por olfato se sostendrá el tubo con el brazo extendido y se usará la otra mano abierta para desplazar hacia sí una pequeña cantidad de gases o vapores. Jamás se olerá

directamente en la salida del recipiente.

- Evitar el uso de las manos sin guantes o de las ropas para limpiar los mesones de trabajo.
- No usar los termómetros como varillas de agitación; son muy frágiles y su rotura puede producir heridas con daño de nervios y tendones de la mano.
- Jamás debe calentarse un recipiente o envase cerrado. La explosión proyectará esquirlas y trozos grandes de material que pueden ser tan peligrosos como un disparo de un arma de fuego.
- La manipulación de ácidos y álcalis concentrados, particularmente ácido sulfúrico, nítrico, acético y clorhídrico, y amoníaco o hidróxido de sodio, será realizada por el docente o por los monitores especialmente entrenados para ello. En casos excepcionales podrán hacerlo los estudiantes bajo directa y cuidadosa supervisión del docente.
- Todo líquido, muy en especial los ácidos concentrados y las sustancias tóxicas, irritantes o corrosivas, serán aspiradas sólo con ayuda de una propipeta. Jamás se aspirará con la boca.
- No pipetear directamente de las botellas de reactivos: separar primero la cantidad aproximada a usar en un vaso graduado y luego pipetear de éste.
- Jamás devolver el exceso de reactivos a la botella o frasco original. Ello no sólo evita equivocaciones que pueden producir accidentes, sino que también preserva la pureza de los reactivos costosos e incrementa la fiabilidad en su uso.
- Jamás se calentarán o mezclarán directamente sustancias concentradas oxidantes con reductoras, ya sea como sólidos o soluciones, ya que pueden producirse reacciones muy violentas, frecuentemente en forma de explosiones. Especialmente riesgosos son oxidantes fuertes como ácido nítrico, nitratos, permanganatos, cloratos, percloratos,



peróxidos y dicromatos en contacto con reductores, particularmente sustancias o materiales orgánicos.

- Nunca se mezclarán soluciones concentradas de ácidos con soluciones concentradas de bases o viceversa. Las reacciones de neutralización son en estas condiciones muy violentas, a veces explosivas, y pueden proyectar porciones de ácido o base hirviendo.
- Los ácidos concentrados se agregarán lentamente, con agitación suave, sobre agua o disoluciones acuosas. Jamás se invertirá el orden de adición. Ello es particularmente peligroso en el caso del ácido sulfúrico.
- Jamás se usarán recipientes destinados a alimentos (tazas, vasos, jarros, botellas de bebida, etc.) para manipular, verter o almacenar sustancias químicas. Estas conductas han producido graves accidentes, a veces fatales.
- No se utilizarán recipientes del laboratorio para usos domésticos.  
Es un mal ejemplo para los estudiantes ver que el docente utiliza matraces para hervir agua para el té, o usa vasos de precipitado para beber. Esos recipientes contienen trazas de sustancias que pueden ser muy dañinas al organismo.
- Material de vidrio trizado, con bordes rotos o con saltaduras (“estrellas”) debe ser desechado inmediatamente ya que es potencialmente peligroso.
- No se calentarán directamente cápsulas Petri u otro material de vidrio que no sea apropiado a ese fin.
- Las destilaciones y trabajos a vacío se realizarán únicamente en matraces de fondo redondo, jamás en matraces Erlenmeyer u otro tipo de recipientes.
- Trabajos que involucren desprendimiento de vapores irritantes, tóxicos o corrosivos deberán realizarse al aire libre o en el interior de una campana de extracción.
- Todo dispositivo para ser utilizado con pi-

las o eliminadores de pila jamás deberá ser conectado a la red de electricidad doméstica (220 V), ya que ello involucra un riesgo fatal de electrocución.

- Las manos deben estar perfectamente limpias y secas cuando se accionen enchufes, interruptores y, en general, cualquier componente de un circuito eléctrico.
- No se almacenarán en el laboratorio ácidos fuertes en conjunto con álcalis ni sustancias oxidantes junto con sustancias reductoras.
- Los solventes (alcohol etílico, metanol, acetona) se dispondrán sólo en pequeñas cantidades (0,25-0,5 L). Las botellas se mantendrán cerradas y alejadas de toda fuente de calor (estufas, calefactores, mecheros, ampolletas encendidas, etc). El éter etílico jamás debe ser utilizado en el laboratorio escolar por su alta inflamabilidad y porque forma peróxidos que involucran grave riesgo de explosión.
- Jamás se calentará solventes inflamables (alcohol, queroseno, acetona, etc) en forma directa en un recipiente, siempre al baño maría, evitando el uso de llama abierta (mecheros u otros dispositivos). Tampoco se calentarán dichos solventes con un calentador de inmersión.
- El uso de los calentadores de inmersión en el laboratorio es riesgoso y debe estar reservado al docente, jamás a los estudiantes.
- Nunca realizar experimentos no autorizados por el profesor o profesora.
- No intentar esconder fallas, sino que reportarlas de inmediato.
- La eliminación de residuos debe ser hecha de acuerdo a pautas específicas de seguridad y cuidado del medio ambiente.
- Toda operación de laboratorio que merezca duda en cuanto a los riesgos que involucra deberá ser consultada a la profesora o al profesor.
- El laboratorio deberá contar al menos con un extintor apropiado de tamaño mediano,

que pueda ser manipulado sin excesivo esfuerzo físico y utilizado sin riesgo en instalaciones eléctricas y en el combate del fuego de sustancias químicas. Asimismo, se dispondrá de un botiquín básico con los implementos mínimos de primeros auxilios.

- El laboratorio debe disponer de una puerta de escape fácilmente accesible y, en lo posible, de una ducha que pueda ser accionada con una llave tipo palanca.
- Se preferirá el uso de placas calefactoras o, en último caso, de mecheros de alcohol a los mecheros de gas, que son muy riesgosos para el laboratorio escolar.
- Se usarán preferentemente termómetros de alcohol, en vez de los de mercurio que son de mucho mayor costo y potencialmente peligrosos en caso de rotura. Suele ser imposible eliminar todos los residuos del mercurio, que a temperatura ambiente liberan vapores en concentraciones tales que pueden producir daños al sistema nervioso.
- El docente deberá saber, ya antes de iniciar las actividades de laboratorio, a quién o a quiénes del colegio o liceo deberá recurrir en caso que se accidente un estudiante y qué acciones concretas deberá emprender (avisar a enfermería, llamar una ambulancia de un servicio determinado, avisar a la Dirección del colegio, comunicarse con los apoderados, etc.).

Los alumnos y alumnas con aptitudes para el dibujo o caricaturas podrán confeccionar algunas historietas ilustradas o dibujos en los que aparezcan situaciones que violan una o varias de estas reglas. Los demás estudiantes analizarán dichas ilustraciones y explicarán por qué representan conductas riesgosas y por qué se deben evitar. También podrán montar una obra de teatro o hacer una animación en la que se simulen esas conductas riesgosas, que luego serán comentadas y debatidas por el resto del curso.

Los estudiantes no están por lo general plenamente conscientes de las graves consecuencias que puede involucrar un accidente. Se recomienda al docente mostrar ello a través de películas o videos, pero también es importante que las alumnas y alumnos realicen y comenten algunos de los siguientes ejercicios:

- Se mantienen 10 minutos con un ojo cubierto e intentan llevar una vida normal dentro de la sala de clases.
- Amarran los cordones de los zapatos con una sola mano.
- Se colocan el delantal con la mano izquierda, sin usar la derecha.
- Se abrochan los botones del delantal con una sola mano.
- Intentan cortar un trozo de papel con una tijera usando sólo la mano izquierda (o la derecha para el caso de los alumnos zurdos).
- Escriben y comen sólo con la mano izquierda.
- Permanecen 10 minutos en círculo, conversando y disponiendo de audición de sólo un oído.

Estos ejercicios son muy útiles y enseñarán a los estudiantes que:

- una incapacidad producida por un accidente puede acarrear limitaciones graves para la vida de las personas;
- deben cuidar su cuerpo, acatando siempre las indicaciones del docente en cuanto a las normas de seguridad;
- deben ser solidarios y comprensivos con sus compañeros y con todas las personas que están afectadas por alguna incapacidad física o síquica.

## Glosario

### ACIDO NUCLEICO

Biopolímero con unidades monoméricas formadas por un azúcar, un grupo fosfato y una base orgánica.

### $\alpha$ -AMINOÁCIDO

Molécula con un grupo amino en el carbono adyacente al grupo carboxílico.

### ANODIZADO

Procedimiento mediante el que se somete un metal o recubrimiento metálico a un proceso de oxidación electroquímica, funcionando dicho metal como ánodo de la celda electroquímica.

### DATACIÓN RADIACTIVA

Método usado para determinar la edad de objetos de interés científico, histórico o arqueológico y que se basa en la determinación de la cantidad relativa o concentración de un isótopo inestable, de vida media relativamente larga.

### DESNATURALIZACIÓN

Perturbación estructural de una proteína con pérdida de su función.

### ELECTROMETALURGIA

Proceso de obtención, separación o purificación de un metal que ocupa un método electroquímico.

### FACTORES DE ESTABILIDAD NUCLEAR

Son los factores de los que depende la estabilidad de un núcleo. Ellos son el cociente neutrón/protón y la paridad (número par o impar de protones y neutrones).

### FISIÓN NUCLEAR

Fenómeno de ruptura de un núcleo en fragmentos de menor masa.

### FUSIÓN NUCLEAR

Fenómeno de unión de dos núcleos o partículas para formar un núcleo de mayor masa.

### GALVANIZADO

Procedimiento de protección de un metal, predominantemente hierro, frente al daño producido por la oxidación mediante su recubrimiento con una capa de cinc.

### GENOMA

Estructura genética completa de un organismo.

### HIDROMETALURGIA

Método de obtención, separación o purificación de un metal que utiliza soluciones o suspensiones acuosas.

### ION DIPOLAR

Especie neutra, característica de aminoácidos, que muestra dos polos de carga opuesta.

### ISÓTOPO

Especie atómica caracterizada por un cierto número de protones y neutrones. Para un mismo elemento se pueden dar varios isótopos, cuyos núcleos difieren sólo en el número de neutrones.

### LEYES DE FARADAY DE LA ELECTRÓLISIS

Leyes descubiertas por Michael Faraday en 1833, que establecen relaciones cuantitativas entre la cantidad de corriente que ha circulado

por una celda electroquímica y la masa de sustancia transformada:

- La cantidad de sustancia o cambio químico producido por la corriente eléctrica es proporcional a la carga eléctrica que ha circulado por la celda electrolítica.
- Para una misma cantidad de carga eléctrica que ha circulado por una celda electrolítica, la cantidad de sustancia o cambio químico producido es proporcional al peso equivalente de la sustancia. Éste se define como la masa molar, expresada en gramos, asociada a la captación o cesión de un electrón durante el proceso electroquímico para cada una de las especies en una cantidad igual a un número de Avogadro. (Véase unidad Faraday).

#### LIXIVIACIÓN BACTERIANA

Proceso utilizado para disolver minerales, principalmente de cobre, uranio y oro, utilizando cultivos de bacterias.

#### MENA

Material de un yacimiento mineral, disponible en una concentración tal que permite su procesamiento para la obtención del correspondiente metal.

#### MONÓMERO

Compuestos a partir de los cuales se preparan polímeros.

#### NÚCLIDO

Núcleo caracterizado por su número de protones y neutrones.

#### NÚMERO MÁSCICO

Suma del número de protones y neutrones en un átomo específico.

#### PARTÍCULA $\alpha$

Núcleo de helio,  ${}^4_2\text{He}$ , emitido durante la desintegración radiactiva.

#### PARTÍCULA $\beta$

Electrón emitido durante la desintegración radiactiva.

#### PARTÍCULA $\gamma$

Fotón emitido por un núcleo excitado. Más propiamente se habla de radiación  $\gamma$ , puesto que se trata de radiación electromagnética de alta energía.

#### PIROMETALURGIA

Proceso que utiliza energía térmica (calor) para el procesamiento de metales o sus menas.

#### POLÍMERO

Macromolécula (molécula gigante) compuesta de unidades repetitivas.

#### RADIACIÓN (RAYO) $\gamma$

Radiación electromagnética de alta energía que se emite en la desintegración radiactiva.

#### RADIOACTIVIDAD

Desintegración espontánea de núcleos atómicos inestables, acompañada de la emisión de radiación ionizante ( $\alpha$ ,  $\beta$  o  $\gamma$ ).

#### RADIOSLISIS

Producción de reacciones químicas por exposición a radiación ionizante de un sistema, ya sea éste una sustancia pura gaseosa, líquida o sólida, o una solución.

#### RELACIÓN MASA-ENERGÍA

Relación planteada por Albert Einstein que establece una equivalencia entre la variación de masa de un sistema y la energía asociada a dicha variación: la disminución de masa de un sistema,  $\Delta m$ , está acompañada de la liberación de una cantidad equivalente de energía  $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ .

#### REPLICACIÓN

Proceso de duplicación del ADN.

**SERIE RADIATIVA NATURAL**

Secuencia de etapas de desintegración de un isótopo radiactivo natural que produce finalmente un isótopo estable.

**SITIO ACTIVO**

Zona funcional de una enzima.

**UNIDAD FARADAY (ELECTRÓLISIS)**

Se designa así a la cantidad de carga eléctrica equivalente a 96487 Coulomb que corresponde a 1 mol o número de Avogadro de electrones.

**VIDA MEDIA**

Tiempo característico para un isótopo determinado que tarda en ocurrir la desintegración de la mitad de sus átomos. Se aplica en general a cualquier proceso cinético.

**VIDRIO**

Producto transparente rígido que carece de una estructura ordenada interna como la de un cristal.

**VULCANIZACIÓN**

Proceso mediante el cual se trata la goma natural con azufre para mejorar sus propiedades.



## Bibliografía

1. Bailey, P.S.; Bailey, C.A. (1998). *Química Orgánica*. 5ª Ed. Prentice Hall.
2. Wolfe, D. H. (1996). *Química: General, Orgánica y Biológica*. Ed. McGraw-Hill.
3. Solomons, G.; Fryhle, C. (2000). *Organic Chemistry*. 7<sup>th</sup> Ed., John Wiley & Sons, Inc.
4. Fox, M.A.; Whiesell, J.K. (2000). *Química Orgánica*, Ed. Addison Wesley.
5. Garbarino, Juan (1998). *Química Orgánica*. Ed. Universidad Técnica Federico Santa María.
6. American Chemical Society (1998). *QuimCom: Química en la comunidad*. Editorial Addison Wesley Longman, México.
7. Chang, Raymond (1999). *Química*. McGraw-Hill Interamericana, México, 6ª Edición.
8. Zumdahl, Steven (1992). *Fundamentos de química*. McGraw-Hill Interamericana, México.
9. Pimentel, George C., *Oportunidades en la química: presente y futuro*. McGraw-Hill Interamericana, México, 1ª Edición, 1995.
10. <http://bioinfo.mbb.yale.edu/MolMovDB/movie/>. Movie Galery of Macromolecular Motion:
11. <http://www.csi.ad.jp/ABOMB/index.html> Información general sobre la bomba atómica.
12. [http://www.accessexcellence.org/AE/AEC/CC/historical\\_background.html](http://www.accessexcellence.org/AE/AEC/CC/historical_background.html) Fenómeno de radiactividad natural  
Descubrimientos de Roentgen, Becquerel, M. Curie y E. Rutherford. Aunque este sitio se encuentra en inglés, tiene fotografías valiosas y el texto es relativamente breve.
13. [http://physics.bu.edu/cc104/decay\\_start.html](http://physics.bu.edu/cc104/decay_start.html)  
Desde este sitio se accede a páginas que proveen una presentación elemental, en inglés, de diversos aspectos de la radiactividad.
14. <http://www.epa.gov/radiation/students/what.html>  
Sitio que permite acceder a información general sobre la radiación. (En inglés).
15. <http://school.discovery.com/homeworkhelp/worldbook/atozscience/m/357860.html>  
Contiene una explicación de conceptos básicos relacionados a la metalurgia. (En inglés).
16. <http://www.howstuffworks.com/carbon-14.htm>  
Información sobre el método del C-14 para la datación de objetos. (En inglés).
17. <http://www.britannica.com/bcom/eb/article/2/0,5716,117372+6+109464,00.html>  
Efecto de la radiación sobre los seres vivos. Mecanismos de la acción biológica de las radiaciones ionizantes y efectos de isótopos radiactivos sobre la salud humana (en inglés).

18. <http://www.dannen.com/ae-fdr.html>  
Primera carta enviada, en agosto de 1939, por Albert Einstein al presidente norteamericano Roosevelt, exponiendo su parecer en relación a la fisión del uranio y a la posible construcción de una bomba atómica.

19.

a. <http://www.britannica.com/bcom/eb/article/1/0,5716,119291+17+110416,00.html>  
Acerca de la lixiviación bacteriana (sobre 1000 páginas web).

b. *Bioleaching of minerals, a valid alternative for developing countries*  
Acevedo, F.; Genitna, J.C.; Bustos, S. *Journal of Biotechnology*, v.31(1), pp.115-124 (Oct.1993).

c. <http://innovations.copper.org/bhp/technology.changes.html>  
Lixiviación bacteriana.

20. [www.cnpl.cl](http://www.cnpl.cl)

Producción limpia en las industrias.

21. <http://www.elbosquechileno.cl/bosquere.html>  
[http://www.copesa.cl/DE/1997/\\_Des1997/04\\_16/TEMAS.html](http://www.copesa.cl/DE/1997/_Des1997/04_16/TEMAS.html)

Aspectos de la protección de recursos forestales autóctonos frente a la explotación irracional y predación de estos recursos.

Es importante considerar que las páginas en la red informativa de internet tienen una cierta permanencia y pueden no estar disponibles al momento de ser consultadas.

Se recomienda que el docente enseñe a alumnas y alumnos el uso de motores de búsqueda (por ej. yahoo.com) y los instruya cómo acotar una búsqueda usando palabras claves que restrinjan la información al ámbito de interés. Un enfoque apropiado a esto se puede lograr utilizando conceptos muy elementales de teoría de conjuntos.







# Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios Primer a Cuarto Año Medio

## Objetivos Fundamentales

1<sup>o</sup>

Primer Año Medio

Los alumnos y las alumnas desarrollarán la capacidad de:

1. Conocer el origen químico de algunos procesos del mundo natural y del mundo creado por el ser humano.
2. Realizar mediciones exactas y precisas a través de actividades experimentales y apreciar su importancia para el desarrollo de la ciencia.
3. Distinguir las propiedades físicas y químicas de distintos materiales y conocer las modificaciones y límites en que ellas pueden variar.
4. Experimentar, observar y analizar procesos químicos en contextos diversos.
5. Discriminar la calidad de información pública sobre asuntos vinculados a la química, valorando la información precisa y objetiva.
6. Sensibilizarse acerca de los efectos de la acción de la sociedad sobre el medio ambiente y valorar el aporte que puede hacer la química a la resolución de los problemas medioambientales.

2<sup>o</sup>

Segundo Año Medio

Los alumnos y las alumnas desarrollarán la capacidad de:

1. Comprender los aspectos esenciales del modelo atómico de la materia.
2. Conocer el desarrollo histórico del modelo atómico de la materia y apreciar el valor explicativo e integrador de los modelos en ciencia.
3. Relacionar la estructura electrónica del átomo con su capacidad de interacción con otros átomos.
4. Reconocer la presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos en el contexto cotidiano y entender las nociones esenciales de la química orgánica.
5. Representar moléculas orgánicas mediante modelos tridimensionales y reconocer los grupos funcionales.
6. Preparar disoluciones de concentración conocida y relacionarlas con sus propiedades físicas y químicas.
7. Recolectar, sintetizar y exponer información en forma oral y escrita acerca de procesos químicos.

3<sup>o</sup>

Tercer Año Medio

Los alumnos y las alumnas desarrollarán la capacidad de:

1. Comprender conceptos básicos de reactividad y equilibrio químico y relacionarlos con reacciones químicas espontáneas del entorno.
2. Conocer los fundamentos de la estequiometría y hacer cálculos estequiométricos.
3. Entender los fundamentos de la cinética y describir fenómenos cinéticos simples.
4. Realizar mediciones controlando más de una variable, valorando la veracidad y rigurosidad en la investigación científica.
5. Entender los factores que afectan la reactividad en química orgánica.
6. Investigar e integrar información de fuentes bibliográficas científicas.

4<sup>o</sup>

Cuarto Año Medio

Los alumnos y alumnas desarrollarán la capacidad de:

1. Conocer aspectos básicos en relación a la estructura, obtención y aplicaciones de polímeros sintéticos.
2. Relacionar la composición química de polímeros naturales con su estructura y su rol biológico.
3. Reconocer las consecuencias de las tecnologías nucleares (uso de isótopos y de la radiación) sobre la vida de las personas en diversos ámbitos.
4. Distinguir entre los procesos de fisión y fusión nuclear.
5. Comprender los fundamentos químicos de procesos industriales significativos.
6. Valorar la contribución de la metalurgia a la economía nacional.

# Contenidos Mínimos Obligatorios

## 1<sup>o</sup>

Primer Año Medio

### 1. El agua

- Relación entre el grado de pureza y los usos del agua; evaporación y destilación de mezclas líquidas; agua destilada.
- Interpretación de los procesos naturales y artificiales de purificación, recuperación y contaminación del agua.
- Explicación de los cambios químicos ocurridos en la reacción de descomposición de agua, a partir de medidas de los volúmenes de los gases obtenidos.

### 2. El aire

- Detección experimental de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , y  $\text{O}_2$  en el aire.
- Observación de la compresibilidad y difusividad de los gases y su explicación a partir de la teoría particulada de la materia.
- Redacción de un informe acerca de los efectos sobre el ecosistema de los componentes químicos de las emanaciones gaseosas de los volcanes y géiseres.
- Realización de un debate acerca de las ventajas y desventajas del uso del gas natural como fuente de energía.
- Variación estacional de la composición y calidad del aire; discusión de evidencias en información pública, periodística y especializada.

## 2<sup>o</sup>

Segundo Año Medio

### 1. Modelo atómico de la materia

- Constituyentes del átomo; descripción de los modelos atómicos precursores del modelo actualmente aceptado; modelo atómico de la materia: orbital atómico, número atómico, configuración electrónica.
- Descripción cualitativa de las propiedades del electrón: su carga, masa, espín.
- El átomo; su variedad; abundancia relativa de las distintas especies en el universo. Sus dimensiones comparadas con la materia macroscópica.
- Propiedades periódicas de los elementos: volumen y radio atómico; energía de ionización; afinidad electrónica y electronegatividad, usando la Tabla Periódica actual.

- Observación experimental de algunas propiedades periódicas macroscópicas: punto de fusión, punto de ebullición, reactividad química.

## 3<sup>o</sup>

Tercer Año Medio

### 1. Reactividad y equilibrio químico

- Factores energéticos asociados a la reactividad y al equilibrio químico; espontaneidad, energía libre y entropía; reacciones exotérmicas y endotérmicas; estequiometría.
- Observación y clasificación de al menos dos clases de reacciones químicas que ocurran espontáneamente en el entorno inmediato.
- Explicación de reacciones de oxidación y de reducción; estado de oxidación; balanceo de ecuaciones redox; introducción a la electroquímica.
- Realización de experimentos con reacciones ácido base; concepto de titulación; cálculos de pH.

### 2. Cinética

- Medición de la velocidad de una reacción simple, a lo menos a dos temperaturas y a dos concentraciones iniciales de reactivos; determinación del orden de reacción; cálculo de las constantes de velocidad; estimación de la energía de activación.
- Introducción a los mecanismos de reacción; reacciones químicas reversibles y equilibrio químico.
- Composición química y características físicas de catalizadores de uso en la vida cotidiana.
- Redacción de un ensayo de no más de 300 palabras acerca de la influencia de la temperatura en las reacciones de descomposición de los alimentos.

## 4<sup>o</sup>

Cuarto Año Medio

### 1. Polímeros sintéticos y naturales

- Concepto de polímero. Formación de polímeros de adición. Descubrimiento y aplicaciones comerciales de algunos polímeros. Caucho sintético y natural. Vulcanización.
- Composición de péptidos: aminoácidos esenciales. Estructura y propiedades de péptidos y polipéptidos. Niveles de organización de proteínas. Importancia de la estructura de las proteínas en relación con su función biológica.  
Clasificación de las proteínas.  
Estructura simplificada y replicación de ácidos desoxiribonucleicos.

### 2. Fenómenos nucleares y sus aplicaciones

- Isótopos y estabilidad nuclear.  
Radiactividad natural y cinética de desintegración. Conceptos de vida media y de serie radiactiva. Datación de objetos de interés arqueológico e histórico.
- Fisión y fusión nuclear. La bomba atómica y los reactores nucleares. El impacto de las tecnologías nucleares sobre la vida del ser humano, en particular sus consecuencias éticas, sociales y psicológicas. Ventajas, beneficios, peligros y amenazas de la utilización de las tecnologías nucleares en diversos ámbitos.
- Aplicación de los isótopos y de la radiación a la medicina, agricultura e investigación química y bioquímica.  
Efectos de la radiación sobre los seres vivos.

f. Interpretación química de la causa del adelgazamiento de la capa ozono, de la lluvia ácida y del efecto invernadero.

### 3. El petróleo

- Los orígenes del petróleo; nombres comerciales y usos de los productos de su destilación; grado de acidez e índice de octano del petróleo; octanaje de la gasolina.
- Comprobación experimental de que los combustibles comerciales derivados del petróleo son mezclas de compuestos químicos.
- Producción, consumo y reservas a nivel nacional y mundial; necesidad de sustitutos.

### 4. Los suelos

- Clasificación experimental de los suelos por sus propiedades.
- Análisis crítico acerca de la conservación de los suelos; prevención de su contaminación.
- Mineralogía: cristales; minerales metálicos y no metálicos; minerales primarios y secundarios; distribución geográfica de los minerales en Chile.
- Recopilación de antecedentes y realización de un debate acerca del Cu en Chile: pureza, usos y perspectivas; composición química y características físicas de sus minerales; otros productos de la extracción de Cu, especialmente el Mo.

### 2. El enlace químico

- Fundamentación de la Teoría del Enlace de Valencia; energía de enlace.
- Enlaces iónicos, covalentes y de coordinación.
- Descripción de ángulo de enlace, isomería.
- Representación tridimensional de moléculas iónicas y covalentes.

### 3. Química orgánica

- Caracterización de los grupos funcionales; introducción a la nomenclatura de compuestos orgánicos.
- Representación mediante modelos tridimensionales, de al menos 25 moléculas y macromoléculas orgánicas con creciente grado de complejidad, con distintos grupos funcionales y diferentes usos en la vida diaria; esteoquímica.
- Realización de un debate informado acerca de los usos actuales y potenciales de compuestos orgánicos industriales, domésticos, farmacéuticos y decorativos.
- Recolección de información y redacción de un ensayo acerca de la contribución de la química orgánica al bienestar de las personas.

- Aspectos estequiométricos y energéticos de reacciones de oxidación de moléculas de proteínas, azúcares y grasas; de pirólisis de moléculas constituyentes del petróleo.
- Destilación de una bebida alcohólica y estimación del grado alcohólico.

### 3. Reactividad en química orgánica

- Fundamentos de las reacciones químicas de compuestos orgánicos: grupos funcionales y reactividad; efectos electrónicos y estéricos.
- Investigación y redacción de un informe analítico acerca de investigaciones actuales de síntesis orgánica.
- Análisis de la contribución de la química orgánica a la producción y almacenamiento de alimentos; aditivos alimentarios; sustancias tóxicas en los alimentos.

### 3. Procesos químicos industriales

- Fuentes de materias primas en la hidrósfera, litósfera y biosfera para algunos procesos industriales.
- Estudio de los procesos de obtención de los metales cobre, hierro y litio y de los no metales yodo y azufre a partir de sus minerales. Obtención de ácido sulfúrico.  
Reacciones químicas involucradas en los procesos anteriores y sus aspectos estequiométricos, termodinámicos y cinéticos.  
Estudio del valor agregado en la purificación de los metales hierro y cobre. Aceros.
- Procesos industriales de algunos materiales de uso masivo.

- Materias primas principales y los procesos básicos de obtención del vidrio, cemento y cerámica.
- Fabricación de polímeros sintéticos: polietileno, nailon y siliconas.
- Aspectos elementales de la cinética de estas reacciones. Uso de catalizadores.

**5. Los procesos químicos**

- a. Observación directa de procesos de obtención de materiales químicos comerciales en industrias de la zona.
- b. Redacción y exposición de un informe acerca de la secuencia de etapas de los procesos observados y de la dependencia del valor comercial y el grado de pureza de los materiales obtenidos.
- c. Contribución de los grandes procesos industriales químicos al desarrollo económico de Chile; perspectivas de desarrollo de la química fina en Chile.
- d. Análisis crítico acerca de la conservación de recursos materiales y energéticos de la Tierra.

**6. Los materiales**

- a. Manipulación y clasificación de materiales según: conductividad térmica, conductividad eléctrica, inflamabilidad, rigidez, dureza, color y reactividad química frente a diversos agentes.
- b. Comprobación y fundamentación de la reversibilidad de cambios químicos y físicos de los materiales.
- c. Comparación experimental de diferentes técnicas de separación de materiales: tamizado, filtrado, cromatografiado, destilado.

**4. Disoluciones químicas**

- a. Concepto de mol; preparación de al menos cinco disoluciones molares de distinta concentración y con diferentes solutos; solubilidad; realización de cálculos estequiométricos.
- b. Concepto de acidez y de pH; estimación de la acidez de disoluciones iónicas usando papel indicador; explicación del comportamiento de disoluciones amortiguadoras del pH.
- c. Propiedades coligativas y usos en el contexto cotidiano.







*“...haz capaz a tu escuela de todo lo grande  
que pasa o ha pasado por el mundo.”*

Gabriela Mistral



[www.mineduc.cl](http://www.mineduc.cl)