

QUÍMICA  
DEL CARBONO  
6º AÑO (ES)



# ÍNDICE

Química del carbono y su enseñanza en el Ciclo Superior de la Escuela Secundaria .....	39
Mapa curricular .....	43
Carga horaria .....	43
Objetivos de enseñanza .....	43
Objetivos de aprendizaje .....	44
Contenidos .....	46
Desarrollo de los contenidos .....	46
Orientaciones didácticas .....	56
Hablar, leer y escribir en química .....	56
Las fórmulas, los símbolos y las representaciones .....	60
Trabajar con problemas de química .....	62
Conocer y utilizar modelos en química .....	68
Orientaciones para la evaluación .....	71
La evaluación de las actividades experimentales .....	71
Criterios de evaluación .....	72
Instrumentos de evaluación .....	73
Evaluación de conceptos y procedimientos .....	73
Evaluación de modelos científicos escolares .....	75
Autoevaluación, coevaluación y evaluación mutua .....	76
Bibliografía .....	78
Historia y filosofía de la ciencia .....	78
Didáctica de las ciencias experimentales .....	78
Recursos en Internet .....	79

# QUÍMICA DEL CARBONO Y SU ENSEÑANZA EN EL CICLO SUPERIOR DE LA ESCUELA SECUNDARIA

“Para que un país esté en condiciones de atender a las necesidades fundamentales de su población, la enseñanza de las ciencias y la tecnología es un imperativo estratégico[...]. Hoy más que nunca, es necesario fomentar y difundir la alfabetización científica en todas las culturas y en todos los sectores de la sociedad”.<sup>1</sup>

La materia Química del carbono presenta algunos contenidos centrales de la disciplina para esta etapa de la escolaridad y en relación con estudios superiores, al mismo tiempo que aporta a los estudiantes un panorama de las aplicaciones químicas en la actualidad, y su relevancia para su formación como ciudadanos. De esta forma se articula con los propósitos establecidos para la educación secundaria común y obligatoria en relación con la formación para la ciudadanía, el mundo del trabajo y la continuidad en los estudios. En tal sentido, resulta fundamental establecer que dichos propósitos implican cambios en la perspectiva curricular de la educación, en ciencias en general y de química en particular, que no se dan de manera arbitraria, sino que resultan requisitos para el logro de los propósitos mencionados.

Implica una educación científica que forme, desde las ciencias, para el ejercicio pleno de la ciudadanía. Es decir, una educación científica que, de acuerdo con los lineamientos de la Alfabetización Científica y Tecnológica (ACT) propuestos para la educación secundaria de la Provincia en el ámbito de las ciencias naturales, sirva a la formación de los estudiantes, para su participación como miembros activos de la sociedad, sea que se incorporen al mundo del trabajo o que continúen estudios superiores. La ACT constituye una metáfora de la alfabetización tradicional, entendida como una estrategia orientada a lograr que la población adquiera cierto nivel de conocimientos de ciencia y de saberes acerca de la Ciencia.

Estos conocimientos constituyen herramientas para comprender, interpretar y actuar sobre los problemas que afectan a la sociedad y participar activa y responsablemente en ella; se valoran sus aportes pero, a la vez, se reconocen sus limitaciones. En este sentido, una persona científicamente alfabetizada se interioriza sobre estos modos particulares en que se construyen los conocimientos científicos que circulan en la sociedad y difieren de otras formas de conocimiento. Asimismo, puede ubicar las producciones científicas y tecnológicas en el contexto histórico y cultural en que se producen, a partir de tomar conciencia de que la ciencia no es neutra ni aséptica y que, como institución, está atravesada por el mismo tipo de intereses y conflictos que vive la sociedad en la que está inmersa.

El acceso a los conceptos, procedimientos y explicaciones propias de las ciencias, no es sólo una necesidad para los estudiantes durante su escolarización –por lo que implica respecto de su formación presente y futura–, sino también un derecho. Es por ello que un nuevo enfoque de la función de la educación secundaria debe replantear los objetivos y las formas de enseñar ciencias.

<sup>1</sup> Declaración de Budapest, Conferencia Mundial sobre la ciencia para el siglo XXI, auspiciada por la Unesco y el Consejo Internacional para la ciencia, Unesco; 1999.

Históricamente, la ciencia en la escuela se definía a través de la enseñanza de unos pocos conceptos, principios y leyes de las disciplinas científicas. Esta orientación de la enseñanza, sin embargo, resulta insuficiente como preparación para los futuros científicos. Fundamentalmente, porque trasmite una idea deformada y empobrecida de la actividad científica, al presentarla como algo ajeno e inaccesible al conjunto de la población, lo que genera la disminución del interés de los jóvenes por la ciencia y una preparación, también insuficiente, para los desafíos propios de la Educación Superior en ciencias.

Las prácticas de enseñanza de las ciencias más extendidas desde el enfoque tradicional, conciben y transmiten una visión de la actividad científica como un conjunto rígido de etapas a seguir mecánicamente –el método científico– resaltando los aspectos cuantitativos y descuidando o rechazando el significado de la duda, la invención y la creatividad. Además, muestra a la actividad científica como propia de personas especialmente “dotadas” y aisladas, ignorando la importancia del trabajo en colaboración, los intercambios entre equipos de investigación y las complejas relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad.

La enseñanza de la química, desde esta visión, implica una especie de ritual de iniciación. Los estudiantes son introducidos, sin mayores explicaciones, a un mundo de definiciones, fórmulas y ecuaciones, con un fuerte peso de la operatoria matemática y el críptico lenguaje de las ecuaciones químicas, que son aprendidas de manera más o menos mecánica y que, además, tienen escasa vinculación con lo tecnológico o lo cotidiano, aspectos que son de interés para los estudiantes.

Otro déficit de estas prácticas de enseñanza está vinculado con el uso del lenguaje como puente imprescindible en la construcción social de los conceptos científicos. De este modo, las complejas definiciones propias de las disciplinas, se presentan sin mediación ninguna del lenguaje coloquial que manejan los estudiantes, obstaculizando la comprensión de los conceptos. En consecuencia, el enfoque tradicional, que se presenta defendiendo la función propedéutica como exclusiva de la educación secundaria, logra, paradójicamente, los resultados inversos: desinterés de los jóvenes por los contenidos y las prácticas científicas, escasa formación en ciencias, así como imposibilidad de relacionar o transferir los conocimientos científicos a la comprensión del mundo natural o tecnológico que los rodea.

El enfoque que se explicita en este Diseño, basado en la idea de alfabetización científica y tecnológica para la educación en ciencias, propone una labor de enseñanza fundamentalmente diferente de la tradicional, que atienda a las dificultades y necesidades de aprendizaje de los jóvenes que transitan la Educación Secundaria, tanto si deciden continuar estudios superiores en relación con las ciencias como otras trayectorias. En todos los casos, la impronta que la educación científica deje en ellos facilitará su comprensión y su desempeño en relación con los fenómenos científicos y tecnológicos de acuerdo con una concepción de ciencia más actualizada y ajustada a las características de la ciencia entendida como producto de la actividad humana. “La mejor formación científica inicial que puede recibir un futuro científico, coincide con la orientación que se dé a la alfabetización científica del conjunto de la ciudadanía. [...] [ya que] dicha alfabetización exige, precisamente, la inmersión de los estudiantes en una cultura científica”.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Gil Pérez, Daniel; Vilches, Amparo, *Educación, ciudadanía y alfabetización científica: mitos y realidades*, en Revista Iberoamericana de Educación, OEI, nº 42, 2006.

El aprendizaje de la cultura científica incluye, además de la comprensión y el uso de modelos y conceptos, el desarrollo de las destrezas de comunicación en relación con mensajes de contenido científico. Por ello, resulta imprescindible prestar atención a los aspectos relacionados con la comunicación y el lenguaje en la clase de ciencias, dado que sin ellos no podría hablarse de una cultura científica.

Como señala Lemke, “el razonamiento es fundamentalmente una forma de hablar, que incluye una forma de escribir y de hablarnos a nosotros mismos. Lo aprendemos al hablar con otros miembros de nuestra comunidad, lo practicamos al hablar con otros, [...] al escribir y cuando utilizamos otras formas de actividad más complejas (por ejemplo, resolver problemas o experimentar)”.<sup>3</sup>

Por ello, desde la perspectiva de este enfoque de enseñanza, las actividades vinculadas con el uso del lenguaje se deben ofrecer en todos y cada uno de los núcleos de contenidos, así como en toda tarea escolar en el ámbito de la química. Al resolver problemas, es necesario trabajar sobre el significado de los datos y consignas. Al encarar investigaciones –tanto bibliográficas como experimentales– se hará necesario enfrentar los usos del lenguaje en los textos que sean abordados y en la redacción de informes de las experiencias.

Del mismo modo, al dar una definición, formular una hipótesis o argumentar, se dan oportunidades claras de ejercitar las prácticas del lenguaje y su uso en el ámbito de la química. No se trata de dejar de lado el uso de cálculos u operaciones propias de este campo, sino de entender que la enseñanza centrada exclusivamente en estas habilidades provoca aprendizajes empobrecidos de la ciencia y la desvinculan de su carácter cultural y de sus aplicaciones cotidianas. Los cálculos y las formalizaciones deben integrarse junto con el lenguaje coloquial para crear una comunidad de habla dentro de las clases de química. Estas herramientas lingüísticas y matemáticas tendrán significado sólo en la medida en que se permitan discutir acerca de aplicaciones y efectos, sirvan para dar explicaciones o para corroborar hipótesis, y no se transformen en una finalidad en sí misma. Estas últimas consideraciones deben ser tenidas en cuenta durante el desarrollo de cada uno de los ejes temáticos propuestos.

Química del carbono es una materia específica de la Orientación en Ciencias Naturales. Corresponde al 6° año de la misma; con ella se cierra la formación específica en Química para la mencionada Orientación. Es preciso destacar, asimismo, que los contenidos propios de la química se despliegan a lo largo de los tres años previos de la Educación Secundaria y que las materias que se presentan en el Ciclo Superior tienen continuidad con las anteriores de Ciencias Naturales (1° año) y Físicoquímica (2° y 3°), de la Escuela Secundaria.

Los contenidos que se desarrollan en la presente materia tienen por finalidad dar un panorama de la química para los jóvenes. Es decir, se presentan algunos ámbitos de actividad e incumbencia de la química del carbono en contextos que puedan ser de interés y de valor formativo para los estudiantes en tanto ciudadanos. Al mismo tiempo, se aspira a salir del estrecho margen de los contenidos disciplinares, tal como son presentados tradicionalmente, y evitar que la enseñanza se base exclusivamente en exposiciones y ejercitaciones, que en poco contribuyen a la formación de los jóvenes de la provincia. Interesa que conozcan la actividad de la química y algunas explicaciones de este campo de conocimientos, de interés para la formación ciudadana y

<sup>3</sup> Lemke, Jay, *Aprender a hablar ciencias*. Buenos Aires, Paidós, 1997.

la continuidad de los estudios. Asimismo, mostrar el contexto de producción de conocimientos y tecnologías y los cambios que se van produciendo conforme avanza su historia; los impactos de las industrias químicas en el mundo actual y sus riesgos potenciales, así como las vías posibles de solución de los mismos, que la propia ciencia química plantea al respecto.

Este es el planteo que introduce a los conceptos propios de la disciplina, necesarios para explicar las problemáticas incluidas en el Diseño Curricular. En tal sentido, los contenidos que se presentan posibilitan introducir y profundizar aspectos relevantes de la química para la continuidad de los estudios.

# MAPA CURRICULAR

<b>Materia</b>	Química del carbono	
<b>Año</b>	6°	
<b>Ejes y núcleos de contenidos</b>	<b>Eje temático 1. Estructura y propiedades en compuestos orgánicos</b>	<p><b>Núcleo 1. El enlace covalente</b></p> <p>Modelos atómicos: Rutherford, Bohr y Schrödinger. Modelo atómico actual. Diferentes tipos de hibridación para el átomo de carbono.</p> <p><b>Núcleo 2. Compuestos orgánicos: estructura, propiedades y reacciones químicas</b></p> <p>Predicción de propiedades físicas y químicas a partir de consideraciones estructurales en compuestos orgánicos.</p>
	<b>Eje temático 2. Química de interés biológico</b>	<p><b>Núcleo 1. Polímeros de importancia biológica</b></p> <p>Moléculas quirales. Estereoisomería. Configuraciones relativa y absoluta. Formas cíclicas de hemiacetal de un azúcar. Azúcares reductores y no reductores. Polisacáridos. Proteínas simples y proteínas compuestas. Modelos de acción enzimática.</p> <p><b>Núcleo 2. Consideraciones generales sobre metabolismo</b></p> <p>Metabolismo. Degradación de la glucosa.</p> <p>Regulación del metabolismo de la glucosa. Catabolismo de ácidos grasos.</p>
	<b>Eje temático 3. Polímeros sintéticos</b>	<p>Polímeros más frecuentes: monómeros y usos. Diferentes criterios para la clasificación de polímeros. Relaciones entre usos y estructura molecular. Comportamiento de los materiales poliméricos frente a la temperatura.</p>

## CARGA HORARIA

La materia Química del carbono corresponde al 6° año de la Escuela Secundaria Orientada en Ciencias Naturales. Su carga horaria es de 108 horas totales; si se implementa como materia anual su frecuencia será de tres horas semanales.

## OBJETIVOS DE ENSEÑANZA

- Generar espacios de colaboración entre pares que favorezcan la confrontación de ideas sobre los fenómenos naturales y tecnológicos que se trabajen, promoviendo los procesos de comunicación en el ámbito de la química.

- Considerar, como parte de la complejidad de la enseñanza de conceptos científicos, las representaciones y marcos conceptuales con los que los estudiantes se aproximan a los nuevos conocimientos, a fin de acompañarlos en el camino hacia construcciones más cercanas al conocimiento científico.
- Plantear problemas apropiados, a partir de situaciones cotidianas y/o hipotéticas, que permitan transitar el camino desde las concepciones previas personales hacia los modelos y conocimientos científicos escolares a enseñar.
- Favorecer el encuentro entre la experiencia concreta de los estudiantes, a propósito del estudio de ciertos fenómenos naturales y tecnológicos, y las teorías científicas que dan cuenta de los mismos.
- Modelizar, desde su actuación, los modos particulares de pensar y hacer que son propios de la química como actividad científica. En este sentido, el pensamiento en voz alta en el que se refleje, por ejemplo, la formulación de preguntas y el análisis de variables ante un cierto problema, permite a los estudiantes visualizar cómo un adulto competente en estas cuestiones, piensa y resuelve los problemas específicos que se le presentan.
- Hablar y promover la discusión sobre los conceptos y procedimientos químicos durante las clases, las actividades experimentales y las salidas de campo, utilizando el lenguaje coloquial y enriqueciéndolo, progresivamente, con los términos y expresiones científicas que resulten adecuados.
- Planificar actividades que impliquen investigaciones escolares con situaciones como: búsquedas bibliográficas, trabajos de laboratorio o salidas de campo en los que se pongan en juego los contenidos que deberán aprender los estudiantes.
- Diseñar actividades experimentales y salidas de campo, con una planificación previa, y comunicarlas oportunamente a los estudiantes para que puedan entender y compartir el sentido de las mismas dentro del proceso de aprendizaje.
- Explicitar los motivos de las actividades propuestas, así como los criterios de concreción de las mismas y las demandas específicas que se plantean a los estudiantes para la realización de sus tareas de aprendizaje en química.
- Poner en circulación, en el ámbito escolar, el "saber ciencias", el "saber hacer sobre ciencias" y "saber sobre las actividades de las ciencias" en sus implicancias éticas, sociales y políticas.
- Trabajar con los errores de los estudiantes como fuente de información de los procesos intelectuales que están realizando y como parte de un proceso de construcción de significados compartidos.
- Evaluar las actividades con criterios explícitos y anticipados, concordantes con las tareas propuestas y los objetivos de aprendizaje que se esperan alcanzar.
- Contextualizar y resignificar las expresiones y ecuaciones matemáticas en el contexto de aplicación de la química.
- Leer en "clave química" las ecuaciones y cualquier otra forma de representación, a fin de dotarlas de significado y sentido para los estudiantes, dentro de dicho ámbito de aplicación.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Evaluar los impactos medioambientales y sociales de las industrias químicas y tomar posición fundamentada respecto del uso y explotación de los recursos naturales.
- Identificar el conjunto de variables relevantes para la explicación del comportamiento de diversos sistemas químicos.

- Elaborar hipótesis pertinentes y contrastables acerca del comportamiento de sistemas químicos al indagar las relaciones entre las variables involucradas.
- Utilizar conceptos, modelos y procedimientos de la química en la resolución de problemas cualitativos y cuantitativos relacionados con los ejes temáticos trabajados.
- Establecer relaciones de pertinencia entre los datos experimentales relevados y los modelos teóricos correspondientes.
- Diseñar y realizar trabajos experimentales de química escolar utilizando instrumentos y dispositivos adecuados que permitan contrastar las hipótesis formuladas acerca de los fenómenos químicos vinculados a los contenidos específicos.
- Evaluar la calidad de la información pública disponible sobre asuntos vinculados con la química, valorando la información desde los marcos teóricos construidos.
- Leer textos de divulgación científica o escolares relacionados con los contenidos de química y comunicar, en diversos formatos y géneros discursivos, la interpretación alcanzada.
- Hablar acerca de los conceptos y procedimientos químicos durante las clases, las actividades experimentales y las salidas de campo, utilizando el lenguaje coloquial y enriqueciéndolo, progresivamente, con los términos y expresiones científicas adecuadas.
- Escribir textos sobre los diversos temas de química que se trabajen para comunicar ideas mediante las diferentes actividades propuestas: investigaciones bibliográficas, informes de laboratorio, ensayos, entre otros.
- Producir textos de ciencia escolar adecuados a diferentes propósitos comunicativos (justificar, argumentar, explicar, describir).
- Comunicar a diversos públicos (al grupo, a estudiantes de menor edad, a pares, a padres y a la comunidad) una misma información científica como forma de romper con el uso exclusivo del texto escolar.
- Interpretar las ecuaciones químicas y matemáticas, así como cualquier otra forma de representación, para dotarlas de significado y sentido dentro del ámbito específico de las aplicaciones químicas.

# CONTENIDOS

Los contenidos que se presentan en la materia Química del carbono, así como los que conforman el resto de las materias de química del Ciclo Superior de la Educación Secundaria, fueron seleccionados de acuerdo a los siguientes criterios:

- relevancia de los mismos por su potencial explicativo de múltiples fenómenos químicos naturales y/o tecnológicos de interés en la actualidad;
- adecuación a los fines de la Educación Secundaria;
- continuidad con respecto a los contenidos estudiados en los años anteriores de la Educación Secundaria;
- necesidades formativas de los jóvenes en relación con la formación ciudadana, dado que incluyen núcleos de contenidos que abordan temas de fuerte vinculación con la vida cotidiana y las posibles repercusiones sociales de la ciencia;
- necesidades de formación futura en relación con la continuidad de los estudios, ya que son contenidos que corresponden a conceptos y a procedimientos fundamentales en el campo disciplinar de la química.

Los contenidos se organizan en ejes temáticos que describen los grandes campos de aplicación, dentro de los cuales se trabajarán los marcos disciplinares. Al interior de cada eje, los núcleos de contenidos representan recortes específicos que delimitan posibles abordajes de los ejes temáticos.

Cada uno de estos núcleos contiene uno o más de los marcos disciplinares previstos para trabajar durante este año, de manera que los mismos pueden ser abordados, en más de una oportunidad, integrando y profundizando los conocimientos. Los estudiantes podrán así volver, reiteradamente, sobre contenidos que son centrales en la comprensión química de los fenómenos.

Se pretende mostrar la unidad de la química como estructura conceptual, que permita generar marcos teóricos amplios de utilidad en múltiples fenómenos. Asimismo, este planteo en espiral, posibilita a docentes y estudiantes utilizar progresivamente las herramientas construidas y ampliar el campo de fenómenos que se pueden explicar desde el mismo marco teórico, maximizando las posibilidades de generar discursos cada vez más ricos en torno a los fenómenos.

En el apartado *Desarrollo de los contenidos* se explicitan los ejes y núcleos de contenidos, en los que se delimita el alcance y la profundidad con que deben trabajarse para la materia Química del carbono, a lo largo del ciclo lectivo.

## DESARROLLO DE LOS CONTENIDOS

### Eje temático 1. Estructura y propiedades en compuestos orgánicos

#### Núcleo 1. El enlace covalente

Modelos atómicos: Rutherford, Bohr. Modelo atómico actual. Niveles y subniveles de energía. Los orbitales atómicos. Configuraciones electrónicas. Relación entre la configuración

electrónica y la posición en la Tabla Periódica. Propiedades periódicas. Teoría de la hibridación de los orbitales atómicos. Diferentes tipos de hibridación para el átomo de carbono. Estructura del benceno y resonancia.

La noción de enlace covalente que se presenta aquí, complementa y amplía la oportunamente trabajada durante los años anteriores. Esto requiere la introducción al modelo mecánico cuántico del átomo, a partir de la consideración de modelos atómicos previos. En este contexto, el modelo adquiere relevancia desde la posibilidad de revelar el camino por el cual emergió en una secuencia de correcciones y rectificaciones, a partir de los datos obtenidos de diversas experiencias. Desde esta perspectiva, es importante recordar que, al trabajar con modelos, deberá presentarse a los estudiantes cuál es la finalidad de su construcción, a qué pregunta o problema responde dicha modelización, qué aspectos toma en cuenta y cuáles omite, en qué sentido está en correspondencia con la evidencia experimental y en qué medida es una construcción idealizada de los fenómenos que pretende explicar.

Es decir, trabajar con el modelo, sus bases y la concepción que de él se desprende, de modo tal que él mismo sea interpretado y utilizado en la explicación de determinado fenómeno, en vez de ser memorizado sin comprender su contenido. De esta forma, se introduce el modelo mecánico cuántico del átomo y, desde el mismo, se pretende conceptualizar la noción de orbital atómico y los diferentes tipos de orbitales atómicos en átomos polieletrónicos. El análisis de configuraciones electrónicas permitirá encontrar regularidades en la clasificación periódica que se podrá ejemplificar desde el análisis de propiedades periódicas, como el radio atómico o la energía de ionización.

En este núcleo se propone una introducción al estudio y aplicación de la teoría de hibridación de funciones orbitales atómicas. Desde la misma se plantea trabajar con orbitales híbridos provenientes de orbitales atómicos *s* y *p*. Será importante abordarla en su relación con las discrepancias halladas en la teoría del enlace de valencia, con relación a los parámetros moleculares obtenidos experimentalmente.

Asimismo, recuperar la teoría del enlace de valencia permitirá abordar los tipos de solapamientos más sencillos ( $\sigma$  y  $\pi$ ) entre orbitales atómicos. En esta instancia se analizará la fuerza relativa entre ambos tipos de orbitales moleculares. Esta comparación es conveniente realizarla desde valores de longitud y energía de enlace para enlaces de moléculas comunes (por ejemplo, etano, eteno). Se trabajará en la identificación de los enlaces presentes en moléculas sencillas pertenecientes a los grupos funcionales trabajados, en términos del tipo de orbitales moleculares y de los orbitales atómicos que los constituyen.

A su vez, se presentará la estructura de la molécula de benceno atendiendo al tipo de hibridación en el átomo de carbono y la naturaleza de los orbitales moleculares presentes. En el contexto de este trabajo, se propone una introducción a la idea de resonancia, principalmente en algunas implicancias que esta propiedad posee sobre la estructura y propiedades del benceno.

Tal como se mencionara oportunamente en el Diseño Curricular de Introducción a la Química de la Educación Secundaria, se deberá enfatizar en el uso de modelos y, en este caso, de los distintos híbridos, para ayudar a la representación de la imagen geométrica en el estudiante. Es importante que la teoría de hibridación de funciones orbitales atómicas sea recuperada, además, desde lo trabajado durante el 3<sup>er</sup> año de la Educación Secundaria con la teoría de la repulsión de pares electrónicos de valencia (Trepev), explicitando el carácter complementario

entre ambas. El conocimiento de la estructura de las moléculas orgánicas abre el camino para el análisis introductorio de las reacciones orgánicas y su estudio sistemático, a través de su clasificación por tipos.

El vínculo entre estructura molecular y propiedades, presentado en la materia Introducción a la Química correspondiente al 4º año, se mantiene y profundiza en este 6º año. Es en este sentido que el presente núcleo de contenidos posee una relación explícita con el siguiente –que completa este eje temático– y ambos lo hacen hacia el resto de los núcleos, a través de los vínculos entre estructura y propiedades.

Como resultado del trabajo con estos contenidos, los estudiantes podrán:

- escribir la configuración electrónica de un átomo;
- describir lo que se entiende por orbital atómico;
- distinguir entre niveles de energía, subniveles y orbitales atómicos;
- enunciar y utilizar las reglas básicas de la mecánica cuántica para elaborar configuraciones electrónicas completas de átomos polielectrónicos representativos;
- explicar la periodicidad de las propiedades de los elementos de la tabla periódica;
- predecir el tipo de orbital molecular y orbitales atómicos involucrados en cada enlace presente en un determinado compuesto;
- reconocer el tipo de hibridación presente en los átomos de carbono de los compuestos trabajados;
- describir la estructura del benceno a partir de lo estudiado en el núcleo y argumentar, desde estas consideraciones, respecto de su estabilidad;
- identificar el tipo de orbital molecular presente en los enlaces de los compuestos orgánicos trabajados.

## Núcleo 2. Compuestos orgánicos: estructura, propiedades y reacciones químicas

Predicción de propiedades físicas y químicas a partir de consideraciones estructurales en compuestos orgánicos. Sitios de reacciones orgánicas. Principales tipos de reacciones orgánicas.

En este último año de la Educación Secundaria, se profundizará en el reconocimiento de grupos funcionales que no han sido trabajados durante el 4º año. Asimismo, se pretende complementar este tratamiento con la presentación de la nomenclatura correspondiente. Tal como se explicitara en la materia Introducción a la Química, los estudiantes deberán escribir y nombrar compuestos orgánicos según las convenciones establecidas por la Unión Internacional Química Pura y Aplicada (Iupac). **Sin embargo, la enseñanza de esta materia no debe circunscribirse a un curso exhaustivo sobre nomenclatura que limite el tiempo de enseñanza del resto de los núcleos.**

Si bien la comunicación en el campo de la química implica el reconocimiento de convenciones –y la nomenclatura de compuestos orgánicos es un ejemplo en este sentido– desde esta propuesta, tal consideración supone presentar reglas de nomenclatura para casos sencillos y nombrar compuestos en los diferentes contextos de enseñanza que presentan los núcleos. La enseñanza de la nomenclatura, como ya se ha dicho, no deberá ser un contenido en sí mismo, sino que su tratamiento estará al servicio de las necesidades de aprendizaje de los temas prescriptos.

La introducción de grupos funcionales oxigenados como alcoholes, cetonas, aldehídos, ácidos carboxílicos y la de compuestos nitrogenados como aminas y amidas, por ejemplo, permitirá profundizar el trabajo iniciado en 4º año en lo que respecta a los vínculos entre propiedades y estructura molecular, tanto desde la predicción de propiedades químicas como de propiedades físicas, por ejemplo, en el análisis comparativo de los puntos de ebullición y de solubilidad de diferentes compuestos orgánicos sencillos. Este último análisis profundizará el estudio de las fuerzas intermoleculares iniciado en 4º año, trabajando, además, con interacciones por puente de hidrógeno. Las comparaciones se realizarán entre compuestos con el mismo grupo funcional (mostrando el efecto de la longitud de cadena) y entre compuestos con diferentes grupos funcionales.

En la materia Introducción a la Química se trabajó a partir de la identificación de posibles sitios de reacción en los compuestos orgánicos. Esta propuesta, presentada desde una perspectiva introductoria en tal oportunidad, es retomada y profundizada en este último año de la Educación Secundaria. Cabe destacar que el reconocimiento de estos sitios reactivos constituye un principio de análisis importante al momento de predecir la reactividad del compuesto y contribuir al estudio de las etapas de una reacción.

En este núcleo, además, se presentan los principales tipos de reacciones orgánicas; numerosos dada la gran variedad de compuestos orgánicos. Sin embargo la mayoría de ellos pueden incluirse como ejemplos de un grupo de reacciones: de eliminación, adición y sustitución.

En tal sentido, se trabajará caracterizando las diferencias entre ellas, a partir de ejemplos presentados en el laboratorio, con reacciones globales. Así, a partir de la reacción de esterificación se puede recuperar la estructura de grasas y aceites –presentados en 4º año– y desde la formación de poliésteres, al trabajar con ejemplos de reacciones de condensación en el eje temático 3.

En todo caso, no se pretende un estudio exhaustivo de estas reacciones ni la predicción de productos, sino la identificación de diferentes reacciones orgánicas a partir de su pertenencia a estos grupos. En el contexto de esta clasificación, también se trabajará con reacciones de esterificación, reacciones redox –desde la identificación de estados de oxidación–, reacciones de condensación y combustión.

El trabajo con este tipos de ecuaciones químicas ofrece, además, la posibilidad de retomar cuestiones vinculadas a la nomenclatura de compuestos orgánicos, así como la realización de cálculos sobre el equilibrio y estequiométricos.

Como resultado del trabajo con estos contenidos, los estudiantes podrán:

- describir las fuerzas intermoleculares y su influencia sobre las propiedades físicas, como puntos de ebullición y solubilidad, de los compuestos orgánicos;
- anunciar propiedades físicas de compuestos a partir de consideraciones estructurales;
- predecir posibles sitios reactivos en moléculas orgánicas sencillas a partir de la estructura molecular;
- argumentar respecto de la influencia de la estructura molecular de compuestos orgánicos sencillos sobre su reactividad;
- comparar la solubilidad y puntos de ebullición entre compuestos orgánicos sencillos explicitando los criterios de la comparación;

- clasificar reacciones orgánicas según su pertenencia a los grupos de reacciones considerados;
- realizar cálculos estequiométricos y químico a partir de ejemplos de las reacciones orgánicas estudiadas.

## Eje temático 2. Química de interés biológico

### Núcleo 1. Polímeros de importancia biológica

Moléculas quirales. Estereoisomería. Configuraciones relativa y absoluta. Proyecciones de Fischer. Series de cetosas y aldosas. Formas cíclicas de hemiacetal de un azúcar. Azúcares reductores y no reductores. Arreglos glicosídios frecuentes en disacáridos naturales. Polisacáridos. Proteínas simples y proteínas compuestas. Hemoglobina. Modelos de acción enzimática. Cofactores. Factores que afectan la actividad enzimática.

En este núcleo de contenidos se pretende retomar y profundizar en el estudio de ciertas características y propiedades de algunas de las biomoléculas, iniciado durante el 4º año. Se retomarán las denominaciones no sistemáticas utilizadas para monosacáridos, disacáridos y polisacáridos, por un lado, y para aminoácidos, por otro.

Asimismo se continúa trabajando con la noción de isomería, ampliando la primera clasificación de isómeros propuesta en Introducción a la Química, al concepto de estereoisomería, para el tratamiento de monosacáridos y aminoácidos; esta última noción se ampliará en el estudio de los estereoisómeros, diferenciando enantiómeros de diastereómeros. La introducción de la noción de *quiralidad* permitirá el trabajo con las configuraciones relativa y absoluta. En este tratamiento se introduce la representación a través de las proyecciones de Fisher, para expresar la configuración de un compuesto quirálico en tres dimensiones. En particular, interesa la introducción de la noción de configuración relativa para su empleo en las configuraciones de monosacáridos en las serie de cetosas/aldosas y en las configuraciones de aminoácidos. Estas consideraciones son relevantes desde el punto de vista biológico, puesto que la importancia de estos estereoisómeros se evidencia en los carbohidratos de nuestra dieta y en los aminoácidos; y que, en cada caso, pertenecen sólo a una de las series (D o L).

Las formas cíclicas de un azúcar, interpretadas en términos de la formación de un hemiacetal, permiten una nueva aproximación a las estructuras cíclicas de los carbohidratos trabajadas en la materia Introducción a la Química. La formación de un hemiacetal puede ser presentada en términos de una reacción global, y luego ser analizada en la formación de la estructura cíclica del monosacárido; análogamente puede presentarse la formación del acetal.

En todo caso, se pretende interpretar la estructura cíclica de un monosacárido en términos de la formación de un hemiacetal cíclico. En este proceso pueden analizarse los cambios de hibridación e interpretarse a partir de los sitios reactivos presentes en la molécula. Por un lado, este último análisis se vincula con el trabajo presentado en el primer eje temático, en relación a la predicción de sitios reactivos en una molécula de un compuesto orgánico; por otro, se orientan a conceptualizar la estructura cíclica de los azúcares en términos de la formación de hemiacetales intramoleculares y, como resultado de su formación, identificar las configuraciones resultantes, mostrando su relación en tanto estereoisómeros.

Con respecto a las estructuras que corresponden a arreglos de disacáridos y polisacáridos frecuentes, abordadas de manera introductoria durante el 4º año, se conceptualizará el enlace glicosídico en términos de la formación de acetales cíclicos. Bajo este conjunto de consideraciones se

trabaja sobre la clasificación de los azúcares en reductores y no reductores y se retomará el estudio de los aminoácidos y las proteínas. Durante este último año de la Educación Secundaria se analiza la estructura de los aminoácidos atendiendo a las nociones de quiralidad y configuración relativa.

En relación a las proteínas, se clasificarán en simples y complejas; de esta forma, se enfatizará en los aspectos generales de las mismas, tales como las funciones y propiedades. En el contexto de dicha clasificación se abordará, a su vez, la molécula de hemoglobina, por un lado considerando que permite ejemplificar el nivel de estructura cuaternaria de proteína; por otro, desde su afinidad con el monóxido de carbono. Esta última perspectiva podrá ser analizada desde el análisis cualitativo de los equilibrios involucrados y las constantes de equilibrio respectivas.

También aquí se continúa y profundiza en el estudio de las enzimas en diferentes aspectos. Por un lado, en la presentación introductoria de algunos modelos de unión enzima-sustrato (llave-cerradura; ajuste inducido); por otro, al referir a cofactores necesarios para la acción enzimática. Este nuevo tratamiento de la acción enzimática implica, además, el análisis de algunos de los factores que modifican la actividad enzimática. Entre estos factores serán considerados la temperatura, la concentración del sustrato y el pH. El efecto de la temperatura y del pH serán analizados en términos de las modificaciones a nivel de la estructura de la enzima. A partir de este análisis será necesario retomar los diferentes niveles de estructura en una proteína, oportunamente trabajados en Introducción a la Química.

El efecto de la concentración del sustrato se realizará cualitativamente a partir de un modelo que permita predecir cómo variará la velocidad de la reacción para concentraciones variables del sustrato, interaccionando con una determinada cantidad de enzima. El empleo de gráficos apropiados es un recurso importante para facilitar el análisis de estas variables –pH, concentración del sustrato, temperatura– sobre la actividad de una enzima. Por otra parte, las rutas metabólicas trabajadas en el segundo eje temático permiten ejemplificar inhibidores de la actividad enzimática en determinadas reacciones. No se pretende estudiar el efecto de los inhibidores sobre la velocidad de las reacciones catalizadas por enzimas, pero sí mencionar su acción como un factor de regulación de la actividad enzimática y citar ejemplos utilizando las rutas metabólicas estudiadas.

Al trabajar con ácidos nucleicos se presentará la estructura general de un nucleótido y la diferencia estructural entre un ribonucleótido y un desoxirribonucleótido. En particular, se estudiarán las estructuras del AMP, ADP y ATP. Este último análisis, introducido en 4º año, permitirá ejemplificar desde consideraciones estructurales, a la molécula de ATP como molécula de alta energía. Se analizarán los enlaces entre nucleótidos mostrando la naturaleza del enlace y los extremos libres resultantes del proceso de polimerización. Además, se enfatizará en las diferencias estructurales entre el ARN y el ADN mostrando, en el caso de este último, el apareamiento entre bases complementarias y las interacciones entre pares de bases.

Como resultado del trabajo con estos contenidos, los estudiantes podrán:

- identificar y escribir las proyecciones de Fisher para moléculas que sean enantiómeros;
- indicar las principales clases de proteínas y describir sus propiedades y funciones;
- distinguir enantiómeros de diasterómeros;

- dibujar las proyecciones de Fisher y de Haworth para los miembros de una clase determinada de monosacáridos;
- determinar si un azúcar es reductor, desde consideraciones estructurales;
- escribir las ecuaciones para la reacción de formación de la forma cíclica hemiacetálica;
- reconocer los principales modelos de especificidad enzimática;
- explicar los efectos de los cambios de concentración del sustrato, la concentración enzimática, la temperatura y el pH;
- detallar las semejanzas y diferencias entre los ácidos ribonucleicos y los ácidos desoxirribonucleicos;
- analizar la composición y estructura de los nucleósidos y los nucleótidos;
- describir la formación y estructura de los polinucleótidos;
- presentar la información científica cuantitativa y cualitativa con un vocabulario técnico adecuado a diferentes públicos, utilizando símbolos y notación técnica, gráficos y cálculos.

## Núcleo 2. Consideraciones generales sobre metabolismo

Metabolismo. Anabolismo y catabolismo. Respiración y fermentación. Degradación de la glucosa. Regulación del metabolismo de la glucosa. Catabolismo de ácidos grasos. Integración metabólica.

En este núcleo se pretende abordar aspectos generales de las rutas metabólicas; en tal sentido, se diferenciará entre procesos anabólicos y procesos catabólicos. Será relevante, además, destacar la regulación de toda vía metabólica. Acerca de la glucólisis, se pretende conceptualizar a esta ruta como un proceso complejo, compuesto por una serie de reacciones químicas encadenadas, sin necesidad de detallarlas de forma particular –no se pretende el reconocimiento de las fórmulas de las sustancias que participan de la misma, ni el análisis de las reacciones de la ruta–. Se podrá trabajar sobre la ruta indicando los nombres de las sustancias que participan en ella y, desde su descripción, interpretar la ecuación química global que representa la glucólisis durante el proceso de respiración. Se enumerarán las diferentes formas a través de las cuales puede regularse una ruta metabólica; en particular, se analizará el rol de la insulina y del glucagón en la regulación del metabolismo de la glucosa.

Consideraciones análogas a las realizadas para la ruta de la glucólisis, pueden efectuarse para el ciclo de Krebs. En este contexto, se trabajará sobre los procesos de glucólisis, ciclo de Krebs, cadena respiratoria y fosforilación oxidativa. Estos últimos procesos –cadena respiratoria y fosforilación oxidativa– serán presentados como etapas que permiten transformar el poder reductor en ATP, sin necesidad de mostrar detalles de los procesos involucrados.

La identificación de las formas moleculares reducida y oxidada de las moléculas responsables de acumular poder reductor serán trabajadas sin mayor detalle estructural en su forma global, a efecto de identificar las etapas de su producción y el balance energético, tanto por etapa, como globalmente. Se recordará que cada reacción metabólica es catalizada por una enzima específica y que la regulación de las vías metabólicas se logra regulando la actividad de algunas enzimas que participan en la misma. El seguimiento de algunas de las reacciones de las diferentes etapas se puede realizar según el tipo de enzima que participa en cada una de ellas –se retoma, en este caso, la clasificación oportunamente realizada para las enzimas–.

Es importante que los procesos de fermentación y respiración queden adecuadamente diferenciados, identificándose, además, los sitios de la célula en los que se producen. Por otra parte, deberán trabajarse los cálculos para los rendimientos energéticos de la glucosa en ambas situaciones.

En el caso del catabolismo de los ácidos grasos, se analizará de forma análoga a la glucólisis, considerando, por un lado, la remoción sucesiva de la cadena carbonada por oxidación; por otro, el acoplamiento con el ciclo de Krebs. Además, se propone dar un panorama general sobre la integración metabólica entre los procesos ejemplificados en el contexto general de las restantes rutas anabólicas y catabólicas. En este último caso, se pretende trabajar a partir de un esquema general que permita relacionar las rutas trabajadas con los procesos de síntesis de glucógeno y proteínas, y degradación de estas últimas, a partir de la respuesta de estas interacciones a la falta prolongada de alimentos.

Como resultado del trabajo con estos contenidos, los estudiantes podrán:

- describir las características generales de las rutas metabólicas;
- diferenciar etapas anabólicas de etapas catabólicas en cuanto a sus características generales;
- detallar la estructura del ATP y vincularla con sus propiedades y funciones;
- explicar el papel de las hormonas en la regulación del metabolismo de la glucosa;
- revelar la importancia del ciclo de Krebs en el metabolismo celular;
- describir, en términos generales, las diferentes etapas de los procesos de respiración y fermentación;
- presentar la información científica cuantitativa y cualitativa con un vocabulario técnico adecuado a diferentes públicos, utilizando símbolos y notación técnica, gráficos y cálculos.
- calcular y explicar el rendimiento energético en ATP para los procesos de respiración y fermentación;
- comparar las características generales de los procesos catabólicos de los ácidos grasos y la glucosa;
- analizar la importancia de los procesos catabólicos estudiados y su integración en el contexto general de los restantes procesos anabólicos y catabólicos;
- explicar los efectos que tiene la inanición prolongada sobre el metabolismo.

### Eje temático 3. Polímeros sintéticos

Polímeros más frecuentes: monómeros y usos. Diferentes criterios para la clasificación de polímeros. Relaciones entre usos y estructura molecular. Comportamiento de los materiales poliméricos frente a la temperatura. Temperatura de transición vítrea. Polímeros termorrígidos, elastómeros y polímeros termoplásticos. Procesos de entrecruzamiento. Fibras. Adición por radicales libres del eteno. Polietileno de alta densidad y de baja densidad. Mecanismos de reacción. Rupturas homolíticas, rupturas heterolíticas e intermediarios de reacción.

El estudio de polímeros fue iniciado en el 4º año de la Educación Secundaria y se continúa en este último año al centrar la atención en biomoléculas, como estructuras resultantes de procesos de condensación. Trabajar con polímeros sintéticos implica mostrar algunos de los principales polímeros y sus aplicaciones; así como los monómeros de los que proceden.

En tal sentido, es necesario estudiar las condiciones históricas en las cuales se contextualizaron las producciones de algunos materiales poliméricos. Por otra parte, en este núcleo es posible trabajar sobre situaciones experimentales vinculadas al entrecruzamiento entre moléculas de materiales poliméricos y el análisis de las propiedades resultantes, la identificación de plásticos basada en diferencias de densidad, dureza, etc.; así como a la obtención de resinas sintéticas, entre otras posibilidades.

La identificación y caracterización de algunos de los polímeros en la vida diaria permitirá avanzar en el análisis sobre distintos aspectos relativos a estos materiales. La idea global de esta primera aproximación es presentar la relevancia de la química de polímeros en la vida diaria, por medio de elementos que sean del interés de los estudiantes. En tal sentido, trabajar desde la información acerca de un polímero específico, sus usos y propiedades, puede facilitar la introducción de conceptos generales para el análisis de materiales poliméricos. Por ejemplo, desde el poliisopreno es posible abordar caucho y entrecruzamiento, mientras que la consideración de un polímero como el nylon permitiría discutir fibras y plásticos. Es decir, se propone trabajar conceptos básicos de la físico-química de polímeros, que permita discutir principios aplicables a todos ellos o, al menos, a un amplio rango de polímeros relacionados.

En tal sentido, se pretende retomar y ampliar el estudio de los polímeros atendiendo a diferentes clasificaciones -origen, comportamiento ante la temperatura, tipo de síntesis-; será necesario destacar que las informaciones obtenidas de cada una de ellas poseen un carácter complementario. En particular, la clasificación de los polímeros, según sean de adición o condensación, permite una introducción al estudio de las reacciones de polimerización.

Al definir un polímero es importante el empleo de analogías para ayudar a comprender su estructura. Las propiedades del compuesto guardan una estrecha relación con la estructura molecular, por lo tanto, el trabajo con este núcleo de contenidos permite ejemplificar nuevamente cómo dicha estructura influye en los usos y funciones de un polímero.

De este modo, se analizarán los diferentes tipos de morfologías que pueden presentarse en los materiales poliméricos, atendiendo a la disposición de las moléculas y a su relación con la longitud de las cadenas. Estas morfologías se vincularán con diferentes propiedades de los polímeros y se trabajarán presentando diferentes casos. Así, las diferentes formas del polietileno y del poliestireno, pueden ser ejemplos útiles; el nylon, también ofrece un ejemplo de interés para ser considerado. A su vez, se estudiará el comportamiento de estos materiales frente a la temperatura, por ejemplo, atendiendo a las condiciones que favorecen la obtención de ordenamientos cristalinos o amorfos. A partir de allí, se presentará la noción de temperatura de transición vítrea y la relevancia de esta magnitud sobre las propiedades de los polímeros.

Además, y en referencia a este vínculo con las propiedades, se describirán las alternativas para modificar el valor de esta temperatura -en todo caso, es importante ilustrar con ejemplos las nociones trabajadas-. Este comportamiento frente a la temperatura permitirá abordar la diferenciación entre polímeros termoplásticos y elastómeros. Estos dos tipos de materiales poliméricos pueden, a su vez, vincularse a partir del proceso de entrecruzamiento y del efecto que este produce sobre las propiedades de los materiales poliméricos, en particular sobre los polímeros termoplásticos. Un ejemplo clásico de entrecruzamiento de cadenas es el proceso de vulcanización utilizado para la producción de neumáticos; además, se abordarán otros procesos de entrecruzamiento de cadenas como los que se presentan en las resinas epoxi de dos componentes, de fácil reconocimiento en aplicaciones cotidianas.

Por otra parte, se establecerán las diferencias entre las reacciones de condensación y de adición en la síntesis de polímeros, mostrando las ecuaciones globales a partir de ejemplos de cada una. En el caso de polímeros de adición, se podrá trabajar en el cálculo que vincule el número de unidades que forman el polímero y la masa molecular.

La polimerización por adición de radicales libres será ejemplificada con la síntesis de polietileno. El trabajo con este mecanismo tiene una finalidad introductoria a una perspectiva de análisis de las reacciones orgánicas, a partir del proceso que sigue una reacción, con la posibilidad de avanzar en el dominio explicativo y predictivo de una reacción. De este modo, en el ejemplo considerado, permitirá explicar las diferentes formas del polietileno y, desde sus diferencias estructurales, las propiedades de cada uno de estos materiales poliméricos.

En relación con el mecanismo de reacción, es de especial importancia que la escritura de las reacciones no se realice de manera memorística, restando posibilidad a la comprensión del mecanismo. Es necesario leer las ecuaciones y el uso de flechas curvas; para indicar las rupturas de enlaces, por ejemplo, se debe acompañar con la lectura del proceso representado. La misma debe tornar explícitos los procesos de ruptura y formación de enlaces involucrados durante el mecanismo de reacción. En este contexto, se podrán identificar los intermediarios y clasificar las diferentes etapas del proceso; del mismo modo, se relacionará el tipo de intermediario al tipo de ruptura producido. El mecanismo puede ser esquematizado no sólo mediante el empleo de flechas sino también recurriendo a diagramas de puntos, según sea conveniente.

Esta forma de representación complementa las instancias que los estudiantes trabajaron durante la Educación Secundaria, en el contexto de la lectura y escritura en ciencias. En tal sentido, es necesario que, al ser utilizada, el docente haga explícita la interpretación de la misma, anunciando el significado del conjunto de símbolos utilizados.

Por otra parte, es importante remarcar en la necesidad de adecuación que toda propuesta de mecanismo debe tener con cierto conjunto de evidencias empíricas. Por tanto, es necesario destacar, durante la enseñanza, que todo mecanismo de reacción es una propuesta consensuada dentro de la comunidad científica de los químicos y que guarda su carácter de tentativa. La consideración de este último aspecto permite remarcar el carácter provisional del conocimiento científico y dar cuenta de una construcción a través de la búsqueda de consenso en el marco de la comunidad científica de referencia.

Como resultado del trabajo con estos contenidos, los estudiantes podrán:

- explicar los criterios utilizados en las diferentes clasificaciones propuestas para los materiales poliméricos;
- predecir propiedades de ejemplos de polímeros a partir de las consideraciones estructurales trabajadas;
- diseñar y realizar experiencias vinculadas al trabajo con la síntesis de diferentes tipos de materiales poliméricos y al análisis de las propiedades estudiadas;
- argumentar respecto de la influencia de la estructura molecular de algunos polímeros sobre las propiedades analizadas;
- presentar la información científica cuantitativa y cualitativa con un vocabulario técnico adecuado a diferentes públicos, utilizando símbolos y notación técnica, gráficos y cálculos;
- diferenciar entre los procesos de adición y de condensación en la síntesis de polímeros y ejemplificar.

## ORIENTACIONES DIDÁCTICAS

En esta sección se proponen orientaciones para el trabajo en el aula, a partir de los contenidos establecidos para este año. Las orientaciones toman en consideración dos aspectos. Por un lado, presentar como actividades de aula algunas de las prácticas que son específicas de esta disciplina y que están relacionadas tanto con los conceptos como con sus metodologías. Por otro, resignificar prácticas escolares y didácticas que, aunque puedan ser habituales en la enseñanza de la química, a veces, por un uso inadecuado o rutinario, van perdiendo su significado y su valor formativo. Se incluyen, además, orientaciones para la evaluación consistentes con la perspectiva de enseñanza.

Las orientaciones se presentan como actividades, no en el sentido de ser *ejercitaciones* para los estudiantes, sino prácticas sociales específicas, compartidas y distribuidas entre todos los participantes en el ámbito del aula, que deben ser promovidas por el docente.

De acuerdo con el enfoque de enseñanza propuesto para esta materia y en consonancia con los fundamentos expuestos en este Diseño, se señalan tres grandes pilares del trabajo en aula, que si bien no deberían pensarse ni actuarse en forma aislada, constituyen unidades separadas a los fines de la presentación. Estos pilares son:

- hablar, leer y escribir en química;
- trabajar con problemas de química;
- utilizar y conocer modelos en química.

### HABLAR, LEER Y ESCRIBIR EN QUÍMICA

"Ningún científico piensa con fórmulas. Antes de que el físico comience a calcular ha de tener en su mente el curso de los razonamientos. Estos últimos, en la mayoría de los casos, pueden expresarse con palabras sencillas. Los cálculos y las fórmulas constituyen el paso siguiente" (Albert Einstein)

La comunicación –de ideas y/o resultados– es una actividad central para el desarrollo científico y, por lo tanto, desde la perspectiva de la Alfabetización Científica y Tecnológica (ACT) constituye un elemento central en la enseñanza de la ciencia escolar, lo que significa que debe ser explícitamente trabajada, dando tiempo y oportunidades variadas para operar con ella y sobre ella.

Como dice Lemke "[...] no nos comunicamos sólo a través del intercambio de signos o señales, sino gracias a la manipulación de situaciones sociales. La comunicación es siempre una creación de una comunidad". Comunicar ideas científicas no implica sólo manejar los términos específicos de las disciplinas, sino poder establecer puentes entre este lenguaje específico y el lenguaje más coloquial acerca de la ciencia.

Por ello es que se pretende establecer en el aula de química una *comunidad de aprendizaje*. Esto implica gestionar el aula de tal manera que los intercambios de ideas, opiniones y fundamentos ocurran como prácticas habituales, permitiendo a los alumnos adentrarse en un mundo de conceptos, procedimientos y acciones específicas.

Son conocidos los obstáculos que enfrentan los estudiantes con el lenguaje en las clases de ciencias: es habitual comprobar que evidencian dificultades para diferenciar hechos observables e inferencias, identificar argumentos significativos y organizarlos de manera coherente. Otras veces, no distinguen entre los términos de uso científico y los de uso cotidiano y, por ende, los utilizan en forma indiferenciada. A menudo, o bien escriben oraciones largas con dificultades de coordinación y subordinación, o bien muy cortas sin justificar ninguna afirmación.

Muchas veces es difícil precisar si las dificultades se deben a una mala comprensión de los conceptos necesarios para responder a la demanda que plantean las tareas o están vinculadas con el dominio del género lingüístico correspondiente. Se suele sostener que los diferentes géneros lingüísticos se aprenden en las clases de lengua y que no son objeto de aprendizaje en las clases de ciencias.

Sin embargo, conforme al enfoque del presente Diseño, se acuerda con lo expresado por Neus Sanmartí al decir "las ideas de la ciencia se aprenden y se construyen expresándolas, y el conocimiento de las formas de hablar y de escribir en relación con ellas es una condición necesaria para su evolución y debe realizarse dentro de las clases de ciencias".<sup>4</sup>

Las dificultades que experimentan los estudiantes en relación con las prácticas de lenguaje propias de las materias de ciencias, solo pueden superarse por medio de un trabajo sistemático y sostenido sobre el lenguaje, en el contexto de las disciplinas específicas en la que tales prácticas se significan.

Las habilidades discursivas que requieren las descripciones, las explicaciones y las argumentaciones como expresiones diversas, pero características de las ciencias, constituyen formas de expresión del lenguaje científico, caracterizadas por contenidos propios. Por lo tanto, no es posible pensar que las mismas pueden ser enseñadas exclusivamente en las clases de lengua. Es precisamente en las clases de ciencia donde los géneros específicos adquieren una nueva dimensión al ser completados por los términos que les dan sentido. Y así como cualquier persona es capaz de hablar y comunicarse en el lenguaje de su propia comunidad, todo estudiante es capaz de aprender el lenguaje característico de las ciencias, si el mismo se pone en circulación en las aulas.

El lenguaje es un mediador imprescindible del pensamiento. No es posible pensar sin palabras y formas lingüísticas. No existen conceptos en sentido abstracto, los conceptos se construyen y reconstruyen social y personalmente, a partir del uso de las expresiones del lenguaje que se manejan dentro de un grupo que les confiere sentido. Por ello, es el aula de ciencias el ámbito donde tales sentidos se construyen, por supuesto, a partir de palabras y expresiones del lenguaje, pero con una significación propia y gradualmente más precisa. Es en este sentido que se sostiene, desde el enfoque de este diseño, que el aula de química debe constituirse en una comunidad de aprendizaje. Así como es importante la discusión y el debate de ideas para la construcción del conocimiento científico, también será necesario, para la construcción del conocimiento escolar, dar un lugar importante a la discusión de las ideas en el aula y al uso de un lenguaje personal que combine los argumentos racionales y los retóricos, como paso previo y necesario para que el lenguaje formalizado, propio de la química, se vuelva significativo para los estudiantes.

<sup>4</sup> Sanmartí, Neus, "Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias" en *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), 2000.

Este cambio de perspectiva es importante, dado que presupone una revisión a la manera tradicional de plantear las clases de química. Por lo general, las clases se inician exponiendo los conceptos de forma ya *etiquetada* a través de definiciones, para pasar luego a los ejemplos y por último a las ejercitaciones. Lo que aquí se expresa, en cambio, es un recorrido que va desde el lenguaje descriptivo y coloquial de los estudiantes sobre un fenómeno o problema planteado por el docente, hacia la explicación del mismo, llegando a la definición formal como último paso en el camino de construcción del concepto.

Dentro de este enfoque serán actividades pertinentes el trabajo de a pares, el trabajo en pequeños grupos y los debates generales, en los que las prácticas discursivas resultan fundamentales para establecer acuerdos durante la tarea, al expresar disensos o precisar ideas, hipótesis o resultados, vinculados a los conceptos de química.

Estas consideraciones implican que en la práctica concreta del trabajo escolar en química los estudiantes y el docente, como miembros de una comunidad específica –la del aula de química– lleven adelante, de manera sostenida y sistemática, las siguientes acciones:

- leer y consultar diversas fuentes de información, contrastar las afirmaciones y los argumentos en los que se fundan con las teorías científicas que den cuenta de los fenómenos involucrados;
- cotejar distintos textos, comparar definiciones, enunciados y explicaciones alternativas. Para ello es necesario seleccionar y utilizar variedad de textos, revistas de divulgación o fuentes de información, disponiendo el tiempo y las estrategias necesarias para la enseñanza de las tareas vinculadas al tratamiento de la información científica;
- trabajar sobre las descripciones, explicaciones y argumentaciones, y fomentar su uso tanto en la expresión oral como escrita. Es importante tener en cuenta que estas habilidades, vinculadas con la comunicación, son parte del trabajo escolar en esta materia y por lo tanto, deben ser explícitamente enseñadas generando oportunidades para su realización y evaluación. El trabajo con pares o en grupos colaborativos favorece estos aprendizajes y permite ampliar las posibilidades de expresión y circulación de las ideas y conceptos científicos;
- producir textos de ciencia escolar adecuados a diferentes propósitos comunicativos (justificar, argumentar, explicar, describir).
- comunicar a diversos públicos (al grupo, a estudiantes de menor edad, a pares, a padres y a la comunidad) una misma información científica como forma de romper con el uso exclusivo del texto escolar.

Para que estas actividades puedan llevarse adelante el docente, como organizador de la tarea, deberá incluir prácticas variadas como:

- presentar los materiales o dar explicaciones antes de la lectura de un texto, a fin de favorecer la comprensión de los mismos y trabajar con y sobre los textos de química, en cuanto a las dificultades específicas que éstos plantean (léxico abundante y preciso, estilo de texto informativo, modos de interpelación al lector, etcétera);
- precisar los formatos posibles o requeridos para la presentación de informes de laboratorio, actividades de campo, visitas guiadas, descripciones, explicaciones, argumentaciones, planteo de hipótesis;
- señalar y enseñar explícitamente las diferencias existentes entre las distintas funciones de un texto como: describir, explicar, definir, argumentar y justificar, al trabajar con textos tanto orales como escritos;

- explicar y delimitar las demandas de tarea hechas a los estudiantes en las actividades de búsqueda bibliográfica, o en la presentación de pequeñas investigaciones (problema a investigar, formato del texto, citas o referencias bibliográficas, extensión, ilustraciones, entre otras) o todo elemento textual o paratextual que se considere pertinente;
- leer textos frente a los estudiantes, en diversas ocasiones y con distintos motivos, especialmente cuando los mismos presenten dificultades o posibiliten la aparición de controversias o contradicciones que deban ser aclaradas, debatidas o argumentadas.

La actuación de un adulto competente en la lectura de textos científicos, ayuda a visualizar los procesos que atraviesa un lector al trabajar un texto de química con la intención de conocerlo y comprenderlo.

Además de lo expuesto, el discurso científico en química presenta algunas especificidades debido a que se utilizan distintos niveles de descripción, representación y formalización. En este sentido, el lenguaje que se utiliza habitualmente es compartido por toda la comunidad y los científicos expresan ideas también con las formas discursivas, sintácticas y gramaticales del lenguaje cotidiano. Esta cuestión oscurece, a veces, el significado de algunos términos que, utilizados corrientemente, tienen connotaciones diferentes a las que se le da en el ámbito científico. Términos como energía, fuerza, masa, electricidad, materia, tienen un significado muy distinto en el aula de química que en el uso cotidiano. De modo que el aprendizaje del uso preciso de los términos es un propósito fundamental de la enseñanza de la química.

Esto no implica, sin embargo, que se pueda dar por comprendido un concepto, exclusivamente, a partir del uso correcto del término, pero sí que es un elemento imprescindible en la enseñanza. La necesidad de precisar el significado de los conceptos, no sólo debe incluir el uso de los términos específicos, sino también garantizar que los estudiantes tengan la oportunidad de construirlos, partiendo de sus propias formas de expresarse hasta enfrentarse a la necesidad de precisar y consensuar los significados, evitando que sólo los memoricen para repetirlos.

Además, es preciso considerar el uso de las expresiones adecuadas a cada nivel de descripción de los objetos de la química. Más precisamente, establecer la diferencia para los diversos niveles de descripción –macroscópico o atómico-molecular– y utilizar para cada uno, los términos que resulten adecuados. En particular, en aquellos temas en los que se trabaja con ambos niveles de descripción de manera explícita, es imprescindible remitir al nivel correspondiente en cada caso, resaltando cuáles son los términos que dan cuenta de los fenómenos en cada nivel de descripción.

En relación con los contenidos en que se haga referencia a las propiedades de las sustancias, se deberá explicitar que las mismas solo se revelan a nivel macroscópico, lo mismo que al trabajar sobre las fuerzas intermoleculares, se enfatizará especialmente en que las mismas solo son producto de la interacción entre moléculas y no de las moléculas tomadas como unidades individuales. Por ejemplo, decir que el etanol tiene puente hidrógeno, aunque en la jerga química se entienda el contenido de la expresión, es incorrecto. Corresponde explicitar, en cambio, que entre las moléculas de etanol, se producen interacciones de tipo puente hidrógeno.

Esta diferencia que puede resultar menor para un químico, dado que es parte de la propia jerga profesional es, sin embargo, fundamental para quien recién se inicia en el uso de estas expresiones, pues resalta el modo en que las moléculas interactúan entre sí, exponiendo con mayor

claridad el fenómeno que se está analizando. En aquellos casos en que se haga referencia a reacciones químicas o intercambios de energía durante una reacción, los términos utilizados remitirán a fenómenos del orden macroscópico involucrados en estos procesos.

Por último, es necesario consignar que cada disciplina tiene un *dialecto propio*. En este sentido, sus simbolismos también deben ser aprendidos como parte de la inmersión de los estudiantes en esa comunidad específica de la química escolar. La enseñanza de estos simbolismos, requiere hacer evidentes las necesidades que llevaron a crearlos y las ventajas que de su uso se derivan. De este modo, se muestra su lógica interna, en lugar de transmitir un compilado de fórmulas a memorizar. Es necesario establecer cómo, por qué, y para qué surgieron y cómo son utilizados estos *lenguajes particulares* cuyo aprendizaje, como señala Lemke,<sup>5</sup> genera para los estudiantes dificultades análogas al aprendizaje de una lengua extranjera.

Desplegar estas actividades es también un modo de mostrar a la producción científica como una actividad humana en toda su complejidad. Actividad que se desarrolla en una comunidad de hombres y mujeres que hablan sobre temas específicos con su lenguaje propio –construido sobre la base del lenguaje coloquial y precisado a través de símbolos, ecuaciones y expresiones corrientes– mediante el cual se expresan, muestran sus disensos y consensos, y a partir del cual se hace posible la comprensión común de los fenómenos que se analizan y la construcción de los marcos teóricos y metodológicos que les sirven como referencia.

La enseñanza de la química debe promover que, gradualmente, los estudiantes incorporen a su lenguaje coloquial los elementos necesarios del lenguaje particular de la química, que les permita comprender y comunicarse con otros acerca de fenómenos y procesos propios de este campo de conocimiento.

## LAS FÓRMULAS, LOS SÍMBOLOS Y LAS REPRESENTACIONES

Dentro de la enseñanza de la química, el uso que se haga de las ecuaciones matemáticas es un punto que debe aclararse. Es fundamental que, al utilizar estas expresiones, el estudiante pueda comprender qué es lo que expresa la ecuación, en qué clase de fenómenos corresponde su aplicación, cuáles son las variables que intervienen, así como las reglas necesarias para obtener valores numéricos a partir de su utilización. Una consideración especial merece el problema de las unidades y el análisis del significado químico de las mismas. Estos contenidos, ya trabajados en matemática desde el aspecto formal, deben ser retomados y transferidos al ámbito de las aplicaciones en química. Esto significa que deben ser explícitamente enseñados y resignificados en el ámbito específico de las clases de química para vincularlos con los fenómenos a los que aluden. Del mismo modo, resulta necesario explicar cómo se traduce esa fórmula al ser utilizada para construir una tabla de valores o los gráficos correspondientes. Estas representaciones forman parte del lenguaje de la química y los estudiantes deben leerlas, interpretarlas y traducirlas correctamente con sus propias palabras, hasta darles el significado compartido que las mismas tienen dentro de la comunidad de referencia.

Una tarea de enseñanza consiste, entonces, en poder traducir el significado de las ecuaciones y expresiones matemáticas en el ámbito de aplicación específico de la química y hacerlo en

<sup>5</sup> Lemke, Jay, *Aprender a hablar ciencias*. Buenos Aires, Paidós, 1997.

el lenguaje más coloquial que la situación permita, sin descuidar por ello la precisión de las expresiones utilizadas.

Esto significa que, hablar en un lenguaje coloquial para hacerlo progresivamente más preciso, no implica hacer una traducción incorrecta de la naturaleza de la expresión, sino mostrar que hay formas de expresarla –y por lo tanto de comprenderlas– que resultan equivalentes. Del mismo modo, se deben poner de relieve qué expresiones son incorrectas, revelan una falta de comprensión o son contradictorias con el significado de la ecuación.

En este apartado es importante hacer un señalamiento respecto de la enseñanza de las fórmulas químicas y la nomenclatura, por un lado; y, por otro, respecto del uso de las ecuaciones matemáticas para expresar resultados o para predecir comportamientos de diversos sistemas.

Acerca del primer aspecto, es importante destacar que durante los tres primeros años de la escolaridad secundaria, se introduce la lectura y escritura de fórmulas por parte de los estudiantes. En relación con la nomenclatura de sustancias químicas, se prescribió en los años anteriores de la Educación Secundaria enseñar a los estudiantes algunas de las convenciones que la química utiliza para nombrar sustancias, así como la clasificación de compuestos binarios sencillos. Durante el 4° año y el 6° año se trabajará con la nomenclatura de compuestos orgánicos.

Los estudiantes deberán escribir y nombrar compuestos orgánicos sencillos, de acuerdo a las convenciones establecidas por la Unión Internacional Química Pura y Aplicada (Iupac) cuando esta acción tenga sentido dentro del tratamiento del tema específico y no como mera ejercitación de la nomenclatura en sí misma. En particular, resulta útil conocer los nombres de los principales grupos funcionales, así como de aquellas sustancias de uso más frecuente, aunque no se pretende hacer un uso extendido de la nomenclatura como contenido escolar.

En tal sentido, se pueden considerar oportunidades especialmente interesantes para trabajar las prácticas de lenguaje en el campo de la química, ciertos temas que corresponden a los contenidos ofrecidos en el presente Diseño. Por ejemplo, respecto a las variaciones del punto de ebullición, al trabajar en la relación entre estructura molecular y propiedades, es importante detenerse en el análisis de la argumentación que los estudiantes ofrecen en lo que respecta a las variables consideradas para la justificación.

De esta forma, se propone trabajar sobre las diferencias entre los puntos de ebullición de compuestos pertenecientes a una misma serie homóloga y, por otra parte, de compuestos con grupos funcionales diferentes. Consideraciones análogas son pertinentes para el análisis de reactividades relativas.

La estructura de la argumentación implica un aprendizaje específico de las formas de enunciar, describir y exponer los vínculos entre diversos niveles de representación. Por lo tanto, el docente debe precisar estas reglas y funcionar como modelo de actuación de estas formas discursivas, enfatizando explícitamente los elementos que forman parte indispensable de las argumentaciones científicas.

Por su parte, el tratamiento introductorio sobre cuestiones metabólicas presentado en el eje temático 2, supone la lectura e interpretación de rutas metabólicas expuestas por el docente. En este caso, por un lado, es importante la lectura de tales rutas; por otro, la

aplicación de estas lecturas en la argumentación que supone la resolución de situaciones de integración metabólica como las propuestas. En todo caso, es importante enfatizar que estas habilidades deben ser explícitamente enseñadas y resignificadas en el ámbito específico de las clases de química.

## TRABAJAR CON PROBLEMAS DE QUÍMICA

La resolución de problemas es reconocida como una parte fundamental de los procesos de la ciencia, constituyendo una de las prácticas más extendidas. Como quehacer científico, implica buscar respuestas a una situación a través de diversos caminos y chequear, además, que esa respuesta sea adecuada. Al resolver un problema, el experto, el científico, recorre en forma bastante aproximada los pasos señalados por Polya.<sup>6</sup>

- identifica el problema y sus conexiones conceptuales;
- genera un plan de acción en la búsqueda de soluciones;
- obtiene resultados que interpreta;
- por último, evalúa en qué medida los resultados son coherentes con las concepciones científicas propias de cada ámbito.

En todo momento el experto monitorea la marcha de las acciones que lleva a cabo. Sigue un recorrido hacia adelante –hacia la resolución del problema a partir de los datos– que, sin embargo, no es lineal. Va y vuelve desde los datos al marco teórico, hasta obtener resultados satisfactorios o verosímiles.

Se espera que los estudiantes, en colaboración con un docente experto en la materia y con sus pares, recorra esos mismos pasos al enfrentar problemas de ciencia escolar. El docente deberá promover las acciones necesarias para que, al resolver distintos problemas de ciencia escolar, los estudiantes adquieran estas habilidades con creciente autonomía. En este sentido, al trabajar con problemas el docente buscará:

- presentar situaciones reales o hipotéticas que impliquen verdaderos desafíos para los estudiantes, que admitan varias soluciones o alternativas de resolución, en lugar de trabajar exclusivamente problemas cerrados con solución numérica única;
- promover la adquisición de procedimientos en relación con los métodos de trabajo propios de la química;
- requerir el uso de estrategias para su resolución y, por lo tanto, la elaboración de un plan de acción en el que se revisen y cotejen los conceptos y procesos científicos involucrados y no sólo aquellos que presenten una estrategia inmediata de resolución –entendidos habitualmente como ejercicios–;
- integrar variedad de estrategias (uso de instrumentos, recolección de datos experimentales, construcción de gráficos y esquemas, búsqueda de información de diversas fuentes, entre otras) y no ser exclusivamente problemas que se hacen con lápiz y papel;
- ampliar las posibilidades del problema no reduciéndolo a un tipo conocido;
- fomentar el debate de ideas y la confrontación de diversas posiciones en el trabajo grupal durante el proceso de resolución de las situaciones planteadas;

<sup>6</sup> Polya, George, *Cómo plantear y resolver problemas*. México, Trillas, 1987.

- permitir que los estudiantes comprendan que los procedimientos involucrados en su resolución constituyen componentes fundamentales de la metodología científica en la búsqueda de respuestas a situaciones desconocidas.

Las cuestiones aquí planteadas exigen un trabajo de enseñanza muy distinto del que supone exponer un tema y enfrentar a los estudiantes a la resolución de ejercicios *tipo* con mayor o menor grado de dificultad. Es decir, la resolución de ejercicios o el uso de algoritmos sencillos es un paso necesario aunque no suficiente para el logro de los desempeños planteados, teniendo claro que el horizonte está puesto en alcanzar desempeños más ricos y complejos en los estudiantes.

El docente, como experto en cuestiones de química, en sus métodos y sus conceptos, y además como experto en resolver problemas de la materia, es quien está en mejores condiciones de recrear un panorama conceptual y metodológico para facilitar el acceso de los estudiantes a este amplio campo de conocimientos. Sus acciones se encaminan a diseñar intervenciones y explicitaciones, de su propio quehacer, que propicien en los estudiantes el aprendizaje de conceptos y procedimientos, tanto como la reflexión sobre su propio pensamiento en materia de problemáticas científicas.

Si bien el trabajo con problemas puede utilizarse en cualquiera de los núcleos de contenidos de química de este año, se señalan a continuación algunos ejemplos en los cuales pueden plantearse ejercicios y algunos tipos de problemas más abiertos a modo de indicación.

**a. Problemas cerrados o ejercicios:** pueden plantearse en aquellos núcleos en los que el objetivo está ligado al aprendizaje del uso de fórmulas o ecuaciones matemáticas. Al realizarse este tipo de ejercitaciones tendientes al aprendizaje o aplicación de un algoritmo, la secuencia debería comenzar por problemas en los cuales la cantidad de datos sea la estrictamente necesaria para obtener la respuesta y el procedimiento sea directo; luego con situaciones en las cuales existan más o menos datos de los necesarios, de modo que el estudiante deba decidir de qué manera seleccionar o buscar los datos pertinentes para la solución. De este modo, se seguirá avanzando hasta lograr que el estudiante maneje con soltura, y cada vez con mayor autonomía, los conceptos vinculados como los algoritmos requeridos. Es importante que el docente tenga en cuenta algunas cuestiones a la hora de trabajar con ejercicios.

La complejidad del problema no debe estar centrada en los algoritmos matemáticos necesarios para la resolución, ya que esto conspira tanto para el aprendizaje de la técnica como para la interpretación de la respuesta.

El rol del docente, como experto, debe ser el de presentar, según el caso, un modelo de resolución del ejercicio, pensando en voz alta y explicitando los pasos que va desarrollando al momento de resolverlo; pero, a su vez, intentando que los estudiantes puedan alcanzar una dinámica propia de resolución evitando que sólo consigan copiar al docente en los pasos seguidos.

**b. Problemas abiertos:** en general, cualquier investigación escolar puede pensarse como un ejemplo de resolución de problemas abiertos. En este año, estos problemas pueden plantearse en todos los ejes y núcleos de contenidos de la materia.

A continuación, se señalan algunos problemas abiertos, semi-abiertos y/o cerrados adecuados a los contenidos de química para este año.

## El trabajo con problemas y las investigaciones escolares

En el enfoque de este Diseño Curricular las investigaciones escolares se orientan a poner a los estudiantes frente a la posibilidad de trabajar los contenidos de la materia, a partir de problemas, de forma integrada, permitiendo aprender simultáneamente los marcos teóricos y los procedimientos específicos de la química.

Según las pautas que se ofrezcan a los estudiantes para el trabajo, las investigaciones pueden ser *dirigidas* (aquellas en las que el docente va indicando paso a paso las acciones a realizar por los estudiantes) o *abiertas*, en las que, la totalidad del diseño y ejecución de las tareas está a cargo de los estudiantes, bajo la supervisión del docente. Esta división depende de muchos factores que el docente debe considerar: el nivel de conocimiento de los estudiantes respecto de conceptos y procedimientos que deban utilizarse, la disponibilidad de tiempos, la forma en que se define el problema, la diversidad de métodos de solución, entre otros. Como en todo aprendizaje, encarar investigaciones escolares implica una gradualidad; se comienza con trabajos más pautados hacia un mayor grado de autonomía de los estudiantes, en la medida en que éstos adquieran las habilidades necesarias. Es conveniente destacar que, dado que este enfoque de enseñanza tiene una continuidad a lo largo de toda la educación secundaria, es de esperar que en el último año, los estudiantes alcancen un nivel de actuación, tanto en el plano procedimental como en el conceptual, que permita profundizar con mayor autonomía el trabajo con investigaciones en este momento de su escolaridad.

Al realizar investigaciones con el fin de resolver un problema se ponen en juego mucho más que el aprendizaje de conceptos, por lo cual las investigaciones escolares no pueden reducirse a la realización de trabajos experimentales pautados, sino que deben implicar procesos intelectuales y de comunicación –cada uno explícitamente enseñado y trabajado por y con los estudiantes–.

Estas investigaciones escolares al servicio de la resolución de una problemática pueden realizarse desde el inicio mismo de la actividad, dando oportunidades a los estudiantes para aprender las técnicas, procedimientos, conceptos y actitudes que resulten pertinentes en cada situación, en el curso mismo de la resolución del problema. Así entendidas, pueden llevarse a cabo en cualquier momento del desarrollo de una temática, ya que no es necesario que el estudiante haya *aprendido* los conceptos para que investiguen, sino que pueden empezar a intuirlos o conocerlos a partir de allí. Es decir, las investigaciones pueden ser el motivo a partir del cual los conceptos a trabajar surjan y aparezcan como necesarios en el contexto mismo de lo investigado. A modo de síntesis se mencionan, siguiendo a Camaño,<sup>7</sup> algunas fases del proceso seguido durante las investigaciones escolares que permiten orientar el trabajo.

*Fase de identificación del problema:* en la que se insta a los estudiantes la discusión de ideas que permitan identificar la situación a resolver, conceptualizarla, formular las posibles hipótesis y clarificar las variables a investigar.

*Fase de planificación de los pasos de la investigación:* en la que se confeccionan los planes de trabajo y se los coteja con el grupo de pares y con el docente.

<sup>7</sup> Camaño, Aureli, "Los trabajos prácticos en ciencias" en Jiménez Aleixandre, María Pilar (coord.), *Enseñar ciencias*. Barcelona, Graó, 2003.

*Fase de realización:* en la que se llevan a cabo los pasos planificados, realizando la búsqueda de información o la recolección de datos experimentales.

*Fase de interpretación y evaluación:* en la que los datos relevados se valoran, interpretan y comparan con los de otros grupos y otras fuentes hasta establecer su validez.

*Fase de comunicación:* en la que se redactan informes o se expresan las conclusiones en forma oral al grupo o a la clase, propiciando los debates sobre los resultados o planteando nuevas investigaciones asociadas, que permitan profundizar la problemática trabajada. Es importante en este caso que la comunicación se establezca utilizando diversos formatos: afiches, láminas, gráficos, tablas, demostraciones de cálculos y no sólo a través de informes.

Es necesario recalcar que una tarea importante a cargo del docente es guiar a los estudiantes por un camino que les permita comprender la lógica y la cultura propia del quehacer científico. De este modo, pensar una investigación escolar en el marco de la resolución de un problema, tiene como finalidad hacer evidente a los estudiantes la forma en que se plantean las investigaciones en el ámbito científico. Siempre hay alguna situación que no está del todo resuelta o en la que lo conocido hasta el momento resulta insatisfactorio para que se constituya en un problema.

Además, resulta preciso insistir en la realización de planes de acción, discutirlos con los grupos de estudiantes, dar orientaciones específicas o sugerencias cuando sea necesario, así como disponer los medios adecuados para la realización de las investigaciones, coordinar los debates o plenarios para hacer circular y distribuir entre los estudiantes los resultados y conclusiones alcanzados.

Asimismo, es importante considerar los tiempos que requieren las investigaciones escolares. Es preciso planificar el tiempo y generar las oportunidades necesarias para los aprendizajes que deben realizarse dado que, junto con la obtención de información y datos, se están poniendo en juego destrezas y habilidades de diverso orden que hacen a la comprensión del modo de hacer ciencias. Seguramente la extensión variará de acuerdo con los diversos contextos, la disponibilidad de información, la profundidad de la cuestión planteada, el interés que despierte en los estudiantes, entre otros factores. Sin embargo, es necesario establecer que una investigación escolar requiere, como mínimo, de tres clases en las que puedan realizarse las fases de identificación y planificación, la de realización y finalmente la de comunicación.

La realización de una investigación escolar no implica, necesariamente, el uso de laboratorio o de técnicas experimentales sofisticadas. Muchas y muy buenas investigaciones escolares pueden realizarse mediante búsquedas bibliográficas o por contrastación con experiencias sencillas desde el punto de vista técnico, cuya realización puede llevarse a cabo en el aula o aun en los hogares. Las instancias de investigación escolar constituyen, también, buenas oportunidades para analizar casos de experimentos históricos que aportan datos valiosos acerca de la construcción de determinados conceptos y del recorrido que llevó a los modelos actualmente aceptados.

De acuerdo con lo planteado, las actividades de investigación propuestas en las clases de química deben estar orientadas de modo que los estudiantes aprendan a:

- elaborar planes de acción para la búsqueda de soluciones al problema o pregunta planteada;
- elaborar las hipótesis que puedan ser contrastadas por vía de la experiencia o de la búsqueda de información;

- diseñar experiencias o nuevas preguntas que permitan corroborar o refutar la hipótesis;
- realizar experiencias sencillas;
- utilizar registros y anotaciones;
- utilizar los datos relevados para inferir u obtener conclusiones posteriores;
- encontrar alternativas de solución ante los problemas presentados que sean coherentes con los conocimientos químicos;
- construir y reconstruir modelos descriptivos o explicativos de fenómenos o procesos;
- comunicar la información obtenida en los formatos pertinentes (gráficos, esquemas, ejes cartesianos, informes, entre otras);
- trabajar en colaboración con otros estudiantes para la resolución de la tarea, aceptando los aportes de todos y descartando aquellos que no sean pertinentes;
- argumentar acerca de distintas alternativas, y defender posturas particulares a partir de argumentos de la ciencia escolar.

Y, para ello, los docentes deberán:

- plantear problemas de la vida cotidiana y/o situaciones hipotéticas que involucren los contenidos a enseñar;
- elaborar preguntas que permitan ampliar o reformular los conocimientos;
- orientar en la formulación de los diseños o hipótesis de trabajo de los grupos;
- explicar el funcionamiento del instrumental y las técnicas de laboratorio en los casos en que deban usarse para la resolución del problema;
- evidenciar los conflictos y las contradicciones que se presentan entre las ideas intuitivas o incompletas de los estudiantes y los conceptos o procedimientos a aprender;
- promover el interés por encontrar soluciones a problemas o preguntas nacidas de la propia necesidad de conocer de los estudiantes sobre los temas propuestos;
- estimular la profundización de los conceptos necesarios y precisos para responder a las preguntas o problemas formulados, de modo que el proceso de aprender esté en consonancia con las prácticas de la actividad científica;
- orientar hacia la sistematización de la información, datos o evidencias que avalen o refuten las hipótesis planteadas por los estudiantes.

En esta materia puede proponerse la realización de investigaciones escolares en relación con prácticamente todos los contenidos planteados para este año. Las preguntas a formular deben tener en cuenta los contenidos, tanto en lo relacionado con los conceptos como con los procedimientos a enseñar.

De esta forma, las investigaciones escolares que se realicen deben presentarse a partir de problemas o preguntas que deban ser profundizados con ayuda bibliográfica o mediante trabajos experimentales de posible realización. En este sentido, es posible trabajar ampliamente con situaciones que promuevan investigaciones escolares en las que, además de las búsquedas bibliográficas, se trabaje con experiencias en las que se utilicen aparatos y/o técnicas sencillas.

Los estudiantes deberán ser capaces de formular, también, sus propios diseños de prácticas de laboratorio, en función de los resultados que esperan obtener de ellas, para lo cual deberán realizar una búsqueda y/o investigación acerca de las características del sistema a abordar. Este trabajo es fundamental, en tanto permite la construcción de herramientas para resolver problemas a partir de estudios teóricos y para su puesta en práctica, desarrollándose así una relación entre teoría y práctica en el ámbito escolar.

La investigación se configura, así, como una actitud frente al mundo y frente al conocimiento, orienta a los estudiantes para la acción sobre la realidad y propicia la curiosidad, la habilidad de hacerse preguntas; de construir hipótesis, de registrar por escrito las observaciones realizadas. Es decir, la posibilidad de pensar, actuar y reflexionar colectivamente en la elaboración de propuestas.

En 6º año, muchos de los contenidos pueden trabajarse o profundizarse mediante trabajos de investigación bibliográfica, como los vinculados con metabolismo y rutas metabólicas; formación de los diversos polímeros y aplicaciones de cada uno de ellos; ventajas y desventajas de la utilización de diversos polímeros, en relación con el ambiente y los costos de producción; entre otros.

También es posible y deseable que sobre estos contenidos se lleven adelante:

- debates en clase donde distintos grupos tengan que argumentar a favor de diferentes posturas en relación con temas controversiales, debiendo sostener su posición y anticipar las posibles objeciones de los otros;
- sesiones de preguntas a especialistas;
- visitas a distintas industrias, institutos o centros de investigación para conocer sus prácticas habituales y las medidas de seguridad que toman quienes trabajan con estos materiales;
- discusión con paneles de expertos de diversas procedencias sobre los peligros y posibilidades de la utilización de diversos productos;
- búsqueda de información en los medios, las organizaciones ecologistas, o internet, para ampliar la mirada sobre los contenidos planteados.

El siguiente es un ejemplo de problema para el Eje temático 1, Estructura y propiedades en compuestos orgánicos.

---

1. Sabemos que el vino se obtiene por fermentación de la glucosa contenida en la uva. Queremos obtener 250 botellas de 3/4 litros de vino con el 12% de alcohol. ¿Cómo calcularías el peso de uvas que se necesitan, si éstas proporcionan un 12,5% m/m de glucosa?

La clasificación de reacciones químicas propuesta en el Eje 1 permite realizar prácticas de laboratorio vinculadas a la obtención y ejemplificación de la reactividad de algunos de los compuestos pertenecientes a los grupos funcionales trabajados.

Para el Eje temático 2, donde se abordan los polímeros de importancia biológica, algunos ejemplos de problemas pueden ser los siguientes.

---

1. Ciertas intervenciones quirúrgicas requieren de un proceso conocido como hipotermia. Investiga en qué consiste, cómo se lleva a cabo y explica su fundamento desde lo oportunamente estudiado. Luego indica algunos ejemplos de intervenciones en las cuales se emplea dicho proceso.

2. En el cuerpo humano el catabolismo de los aminoácidos produce, entre otros compuestos, urea. Considerando la reacción global para este proceso, calcula la concentración máxima de amoníaco permitida en sangre, conociendo la cantidad de urea (en gramos) que es producida por una cantidad máxima (en gramos) de amoníaco.

La formulación de este problema puede modificarse presentando a los estudiantes información adicional, como la ecuación química global y/o la cantidad de urea indicada, o especificando la expresión de concentración para la cantidad máxima de amoníaco solicitada. Estas variantes sencillas permiten trabajar desde perspectivas que abren o cierran, de maneras diferentes, la resolución del problema.

Las integraciones metabólicas, presentadas en el Eje temático 2, pueden ser trabajadas como situaciones problema con diferentes grados de apertura según se considere conveniente. Por ejemplo, pueden ser presentadas de modo expositivo por el profesor o guiadas por éste a través de preguntas que promuevan actividades de investigación por parte de los estudiantes en un contexto de aplicación e integración de los contenidos trabajados en el núcleo.

Al desarrollar el eje de polímeros sintéticos se enfatizó en la importancia de mostrar a los estudiantes la relevancia de los polímeros en su cotidianidad. En tal sentido, puede proponerse una indagación preguntando, por ejemplo, ¿qué materiales de un auto son polímeros? Esta pregunta permitiría investigar qué partes de un auto son elaboradas con materiales poliméricos y, en cada caso, de qué polímeros se trata y por qué resultan útiles para tal aplicación.

Para este último eje, puede proponerse también una indagación acerca de cómo es posible identificar a los polímeros por ensayo al fuego, quemándolos. Esta última investigación puede llevarse a un diseño experimental realizado por los estudiantes y, alternativamente, en colaboración con el docente a partir de la información que éste puede sistematizar. Es posible realizar experiencias de identificación de diferentes muestras de materiales poliméricos. También la experiencia puede realizarse desde la aplicación de un protocolo presentado por el profesor. En todo caso, es fundamental atender a las condiciones de seguridad para el trabajo de laboratorio.

## CONOCER Y UTILIZAR MODELOS EN QUÍMICA

Como ya se mencionara en los diseños curriculares de los años precedentes, los modelos son formas específicas de la actividad científica y su uso y construcción deben ser enseñados. Es necesario revisar el uso que suele hacerse de los modelos en las aulas. Una de las confusiones más frecuentes consiste en homologar la enseñanza de la ciencia a la enseñanza de modelos científicos aceptados, tomando a estos últimos como contenidos a enseñar.

Al recortarse de su necesaria interacción con el fenómeno, el *modelo* se vuelve carente de sentido y, como objeto de enseñanza, es poco asible y significativo. Al dejar de lado el problema que el modelo procura resolver, éste se transforma sólo en un esquema estático y no adquiere ningún significado para los estudiantes. Múltiples son los ejemplos de modelos que se han transformado en verdaderos objetos de enseñanza, tales como el modelo atómico, la cinemática del punto, el modelo de uniones químicas, entre otros. Todos ellos son ejemplos de construcciones que resultan funcionales para la ciencia, pero que al aislarse de su contexto se han vaciado de contenido y se han vuelto objetos abstractos de enseñanza, sin contacto explícito con los fenómenos a los que remiten.

Por ello, al trabajar con modelos deberá presentarse a los estudiantes cuál es la finalidad de su construcción, a qué pregunta o problema responde dicha modelización (por ejemplo, los modelos moleculares o los modelos de procesos para una reacción química), qué aspectos toma en cuenta y cuáles omite, en qué sentido esta en correspondencia con la evidencia experimental disponible y en qué medida es una construcción idealizada de los fenómenos que pretende explicar. Es decir, trabajar con el modelo implica analizar sus bases y las consecuencias que de él se desprenden, de modo tal que el mismo pueda ser interpretado y utilizado en la explicación de determinado fenómeno, en lugar de ser memorizado sin comprender su contenido.

Es necesario tener presente que los estudiantes tienen representaciones y discursos previos que han construido en etapas anteriores<sup>8</sup>, acerca de cómo suceden los fenómenos naturales. Estas representaciones son conjuntos de ideas entrelazadas que sirven para dar cuenta de fenómenos o situaciones muy amplias como la flotación, el movimiento de los objetos, o la disolución de un sólido en un líquido o los intercambios de energía.

Conocer estas representaciones es más que reconocer si los términos empleados por los estudiantes son los más apropiados desde el punto de vista científico. Se trata de entender cuál es la lógica interna que se juega en estos modelos, dado que ellos serán la base de los futuros aprendizajes. El proceso de indagación de estas representaciones debe promover condiciones para que las mismas se hagan explícitas.

Para indagar estas ideas, representaciones o modelos previos, es necesario recurrir a preguntas que no evalúen un contenido escolar previo, como por ejemplo, ¿cómo se llaman los principales tipos de biomoléculas? o ¿en qué unidades se expresa el calor de combustión de una sustancia?, sino preguntas del estilo, ¿cómo y por qué se mantiene encendida la llama de la hornalla? o ¿qué sucede con una madera o un combustible cuando arde o se quema?

Cualquier nueva representación que esté implicada en los modelos de ciencia escolar que se pretenda enseñar, se construirá a partir del modo en que los estudiantes puedan darle significado desde sus representaciones anteriores. Es desde esos significados que las ideas se comunican y se negocian para acordar una comprensión compartida. Dicha comprensión será aceptada como válida a partir del consenso alcanzado y de su potencia explicativa. Este carácter de negociación compartida implica también que está sujeta a revisión y que, por lo mismo, toda comprensión de un fenómeno –tal como ocurre con las teorías científicas– será por definición, provisional.

Por lo expuesto, la actividad de enseñanza consistirá en descubrir los aspectos centrales de las representaciones de los estudiantes, sus inconsistencias, las variables que no han tenido en cuenta en su explicación, las imprecisiones, explicitándolas, haciendo evidentes las contradicciones, promoviendo la aparición de un conflicto al que los estudiantes se enfrentarán para tratar de alcanzar una alternativa aceptable desde el marco teórico disciplinar. Es tarea del docente tender un puente entre el conocimiento previo de los estudiantes, sus interpretaciones idiosincrásicas y las representaciones específicas del modelo de ciencia escolar que se pretende enseñar. Por lo tanto, conocer esas construcciones previas es un requisito fundamental para encarar la tarea futura.

En este sentido, las analogías pueden resultar herramientas apropiadas para esta mediación en el tránsito hacia el uso de modelos simbólicos y/o matemáticos propios de la ciencia escolar.

<sup>8</sup> Driver, Rosalind, *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid, MEC/Morata, 1989.

En relación al trabajo con modelos simbólico/matemáticos, será importante tener en cuenta dos cuestiones:

- la abstracción de este tipo de modelos conlleva toda una serie de dificultades provenientes del uso de un nuevo lenguaje, que ya se señalaron en el apartado sobre lenguajes científicos;
- dado que estos modelos no surgen como producciones del aula sino que son *transpuestos* a partir de modelos científicos, el trabajo del docente implica recorrer la variedad de usos que tiene, desde el punto de vista funcional (relación entre variables) y desde la predicción (cálculo de nuevos valores por modificación del valor de alguna variable).

Las orientaciones didácticas desarrolladas en este apartado tienen por objeto hacer evidente el tipo de trabajo que debe realizarse en las aulas conforme al enfoque establecido para la educación en ciencias a lo largo de toda la educación secundaria. El mismo está en consonancia con los modos propios de este campo de conocimiento y su didáctica, con los contenidos propuestos y con las concepciones actualizadas de la ciencia. La elección de las estrategias que mejor se adapten a las características del grupo, sus conocimientos previos, los contenidos a tratar y los objetivos propuestos, es una tarea del docente. No obstante, es necesario resaltar que los tres puntos trabajados: *Hablar, leer y escribir en las clases de química, Trabajar con problemas, y Conocer y utilizar modelos en química*, son centrales a la hora de construir conocimientos en esta materia e indispensables para la formación del estudiante en este campo de conocimientos de acuerdo con los fines establecidos para la Escuela Secundaria: la formación ciudadana a partir de las ciencias, la preparación para el mundo del trabajo y la continuidad de los estudios.

Durante el Ciclo Superior de la Educación Secundaria, se profundiza el trabajo con modelos escolares iniciado durante el 2º año. Se utiliza el modelo de las colisiones para trabajar sobre aspectos vinculados a la cinética química y el modelo del complejo activado para explicar la acción enzimática. Por otra parte, en este 6º año, se recurre a diferentes modelos para la representación de moléculas orgánicas, profundizando aquello que se indicara oportunamente en el desarrollo de los contenidos de 4º.

## ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN

En este Diseño Curricular se entiende por evaluación un entramado de aspectos y acciones mucho más amplio que la sola decisión sobre la acreditación o no de las materias por parte de los estudiantes. Se hace referencia a un conjunto de acciones continuas y sostenidas que den cuenta de cómo se desarrollan los procesos de aprendizaje de los estudiantes tanto como los procesos de enseñanza –en relación con la posibilidad de ajustar, en la propia práctica, los errores o aciertos de la secuencia didáctica propuesta–. Al evaluar, se busca información de muy diversa índole; a veces, conocer las ideas que los estudiantes traen construidas con anterioridad; en otras ocasiones, conocer la marcha de una modelización, en otras el aprendizaje de ciertos procederes.

En la evaluación, los contenidos no están desligados de las acciones o procederes a los cuales se aplican o transfieren. Por lo tanto, la evaluación de los conceptos debe ser tan importante como la de los procedimientos y esto implica revisar los criterios y los instrumentos utilizados en relación a los aprendizajes de los estudiantes, así como los relativos a la evaluación de la propia planificación del docente.

Es posible reconocer tres dimensiones para la evaluación. Por un lado, establecer cuáles son los saberes que los estudiantes ya han incorporado previamente, tanto en su escolaridad anterior como en su experiencia no escolar. Por otro, conocer qué están aprendiendo los estudiantes en este recorrido y, por último, conocer en qué medida las situaciones didácticas dispuestas posibilitaron (u obstaculizaron) los aprendizajes. Por eso es que en todo proceso de evaluación, tanto la evaluación de las situaciones didácticas como la evaluación de los aprendizajes de los estudiantes, forman parte de los procesos de enseñanza y deben ser planificadas como parte integrante de éstos. En tal sentido, la evaluación debe ser considerada en el mismo momento en que se establece lo que debe enseñarse y lo que se desea aprendan los estudiantes.

### LA EVALUACIÓN DE LAS ACTIVIDADES EXPERIMENTALES

En la química escolar existen actividades que son propias y especialmente formativas como las *salidas de campo* y los *trabajos experimentales* –que pueden requerir o no de un laboratorio–. En ambos tipos de actividades, es indispensable no sólo la identificación de objetivos claros –tanto para el docente como para el estudiante– sino también la explicitación de lo que el estudiante debe hacer en ellas.

Es conveniente que esas actividades sean acompañadas por una guía o protocolo elaborado, ya sea por el docente, o por el conjunto de la clase durante las investigaciones escolares, que organice los pasos que se deberán cumplimentar y en qué secuencia. Al evaluar tales actividades es necesario discriminar las distintas habilidades puestas en juego. De acuerdo con lo propuesto en las guías, podrían evaluarse distintas destrezas como:

- la comprensión y seguimiento de las instrucciones presentes en la guía;
- el manejo del material necesario;
- la capacidad o habilidad para efectuar observaciones y/o registros;
- la interpretación de los datos y la elaboración de conclusiones;
- la presentación de la información.

## CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Toda evaluación requiere, previamente, de la formulación y explicitación de los criterios que se utilizarán para dar cuenta del nivel de producción esperado. Es necesario que los criterios sean conocidos y, por ende, compartidos con la comunidad educativa, estudiantes, colegas, padres y directivos, puesto que se trata de que los estudiantes aprendan determinados contenidos y que sean capaces de identificar en qué medida los han alcanzado o en qué etapa se encuentran en el proceso de lograrlo.

Es entonces un gran desafío, a la hora de pensar en la evaluación, construir no sólo los instrumentos sino, fundamentalmente, los criterios que permitan obtener información válida y confiable para el mejoramiento de los procesos de enseñanza y aprendizaje, así como de las condiciones en que se producen.

A continuación se presentan algunos ejemplos de criterios de evaluación que, si bien no pretenden agotar la totalidad de los contenidos propuestos en este Diseño, dan líneas respecto de cómo se podrían enunciar y trabajar. Los ejemplos se desarrollan a partir de algunos de los objetivos propuestos en los núcleos de contenidos del presente Diseño Curricular. El nivel de generalidad de estos objetivos permite ejemplificar varios criterios posibles y su alcance podrá exigir, según los casos, de un mayor nivel de especificidad.

Para el núcleo de contenidos relativo a polímeros, un ejemplo posible es *diseñar y realizar experiencias que permitan determinar la resistencia al calor de diversos polímeros sintéticos*. Para evaluar en qué medida los estudiantes han cumplido con este objetivo, algunos criterios podrían ser:

- conocer el efecto de la temperatura sobre la estructura del polímero;
- expresar con sus propias palabras los pasos que deben realizar;
- justificar la secuencia experimental diseñada;
- llevar adelante las mediciones en forma autónoma;
- presentar adecuadamente los resultados según los propósitos de la experiencia;
- prever las posibles fuentes de error en la experiencia realizada y señalar cómo mejorarla;
- redactar un informe con los resultados, extraer conclusiones y analizar las posibles causas de error;
- analizar otros diseños experimentales argumentando sobre sus ventajas/desventajas.

Entre los objetivos de aprendizaje para este año y en relación con todos los núcleos de contenidos, se propone que el estudiante logre presentar la información científica cuantitativa y cualitativa de las investigaciones vinculadas a contenidos de los ejes, a partir de un vocabulario técnico adecuado para su presentación a diferentes públicos, utilizando símbolos y notación técnica, gráficos y cálculos. Respecto a este propósito, podría plantearse, como ejemplo específico, realizar una investigación bibliográfica acerca del empleo de un determinado polímero para cierto tipo de aplicación cotidiana o industrial. Para poder evaluar en qué medida los estudiantes han podido cumplir con esta actividad en relación con el objetivo señalado más arriba, algunos criterios podrían ser:

- ser capaces de formular preguntas, en forma individual o grupal, que puedan luego investigarse;
- reconocer fuentes de las cuales obtener información;
- recolectar información en forma adecuada y organizada;

- organizar la información de acuerdo con categorías propias o ajenas;
- justificar los criterios utilizados en la organización de la información;
- reconocer la información principal de la secundaria;
- redactar en forma individual o grupal, un informe escrito;
- utilizar diversas formas para presentar la información;
- extraer conclusiones acerca de la información relevada;
- evaluar su producción y el funcionamiento de su grupo en la tarea, señalando logros y obstáculos.

## INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

Cada actividad puesta en juego en las aulas informa acerca del avance y de los obstáculos de los procesos de enseñanza y aprendizaje en su conjunto, por lo cual es importante disponer de elementos para evaluar esta información.

Los distintos instrumentos de evaluación informan parcialmente acerca de lo aprendido por los estudiantes, en este sentido es importante variar los instrumentos para no obtener una información fragmentaria. La evaluación no puede centrarse exclusivamente en una detección acerca de cómo el estudiante recuerda determinados contenidos, sino que debe integrar, en su forma y en su concepción, los conceptos con las acciones en las que los ponen en juego.

Por otra parte, es conocido que los estudiantes se adaptan rápidamente a un estilo o tipo de evaluación –como la prueba escrita en la que se requiere aplicación automática de algoritmos, o el examen oral en donde se evalúa casi exclusivamente la memoria– y de esta manera sus aprendizajes se dirigen hacia las destrezas que les permiten resolver exitosamente las situaciones de evaluación, más que al aprendizaje de los contenidos.

Un único instrumento no resulta suficiente a lo largo de un año para evaluar los distintos niveles de comprensión, dada la variedad de contenidos a aprender. Asimismo, resulta fundamental sostener una coherencia entre la propuesta de enseñanza y la propuesta de evaluación. En este sentido, el Diseño Curricular establece modos de enseñar y trabajar en el aula de química que son específicos de esta concepción acerca del aprendizaje. Los contenidos han de trabajarse de manera integrada, atendiendo a construir los conceptos de la mano de los procedimientos y en el marco de los modelos que los incluyen. De modo que también resulta esencial evaluar integradamente estos aspectos, evitando separar artificialmente la evaluación de conceptos, modelos y procedimientos. Por ello, es importante diversificar los tipos de evaluaciones para que los estudiantes experimenten una gama de instrumentos diferentes y para que puedan poner a prueba sus aprendizajes en distintos formatos y en variadas circunstancias.

## EVALUACIÓN DE CONCEPTOS Y PROCEDIMIENTOS

Al diseñar actividades de evaluación de conceptos y procedimientos para los problemas, sean éstos cerrados o abiertos, es necesario tener en cuenta ciertos indicadores. A continuación, se enumera algunos de estos.

## Para los conceptos

*El conocimiento de hechos o datos* (nombre de elementos químicos, sus símbolos, nomenclatura de diversas sustancias, las unidades en que se mide la temperatura o la energía, el nombre las distintas formas de isomería, entre otros).

*La definición y/o reconocimiento* de definiciones (qué significa cantidad de sustancia, qué son los glúcidos, qué se conoce con el nombre de aceites, a qué se llama isomería).

*La ejemplificación y exposición de conceptos.*

*La transferencia de conceptos*, es decir, si más allá de conocer hechos o datos, de definir y/o reconocer definiciones, de ejemplificar y exponer conceptos, son capaces de aplicarlos a nuevas situaciones.

## Para los procedimientos

*El conocimiento del procedimiento*, que supone determinar si el estudiante conoce las acciones que componen el procedimiento y el orden en que se deben abordar. Por ejemplo: cómo se procede al escribir una fórmula química, cómo se balancea una ecuación, cómo se mide una temperatura o una masa o cómo se calcula la cantidad de sustancia que reacciona o se produce en una reacción química.

*La utilización en una situación determinada*, por la que se trata de constatar si una vez conocido el procedimiento se logra aplicar. Por ejemplo, cómo construir un calorímetro con material de uso cotidiano; el cálculo de la masa molar de una sustancia; el cálculo del volumen de gas obtenido en ciertas condiciones, la realización de una determinada técnica o proceso químico.

*La generalización del procedimiento a otras situaciones*: se trata de ver en qué medida el procedimiento se ha interiorizado y puede extrapolarse a problemas análogos asociados a otras temáticas. ¿Cómo se podría estimar determinada propiedad de un compuesto orgánico? ¿Qué determinaciones darían indicios de ello? ¿Podría determinarse con cierto grado de certeza? En caso de ser afirmativa la respuesta, ¿de qué modo?

*La selección del procedimiento adecuado que debe usarse en una situación determinada*, de modo que una vez aprendidos varios procedimientos, interesa conocer si los estudiantes están en condiciones de utilizar el más adecuado a la situación que se le presenta. Por ejemplo, ¿es conveniente usar un gráfico cartesiano para representar estos datos? ¿Cuál es el mecanismo apropiado para realizar y/o explicar la obtención de determinado polímero?

En todo caso, debe advertirse que la evaluación de la comprensión conceptual supone una intervención pedagógica docente de mayor complejidad que la supuesta para evaluar el recuerdo de hechos y datos, y remite al desafío de diseñar diversidad de instrumentos que promuevan la utilización de los conocimientos en distintas situaciones o contextos. También debe tenerse en cuenta que la evaluación de procedimientos requiere de un seguimiento continuo en los procesos de aprendizaje que promuevan instancias de reflexión sobre los pasos o fases involucradas.

## EVALUACIÓN DE MODELOS CIENTÍFICOS ESCOLARES

Respecto de la evaluación de los aprendizajes de modelos científicos escolares, debe considerarse que el uso de modelos es una actividad basada en una continua interacción entre el fenómeno a explicar, los estudiantes y el modelo de ciencia escolar, a fin de controlar y regular aciertos y errores, haciendo ajustes y explicitando nuevas hipótesis y argumentos. Por lo tanto, no es posible apelar a estrategias de evaluación que tomen en cuenta exclusivamente el producto o los resultados. Se hace necesario que la evaluación implique un permanente acompañamiento durante el trabajo con modelos, señalando aciertos y fallas, de modo que los estudiantes vayan incorporando paulatinamente la necesidad del control y regulación permanente de sus hipótesis, pasando del control externo del docente a la evaluación y supervisión entre pares o autónoma, en el mejor de los casos. El uso de modelos debe ser una tarea compartida y no un ritual memorístico, por lo que los criterios para evaluar los avances y retrocesos en esta tarea deben construirse y explicitarse.

Para ello es necesario cuestionarse, en principio, qué es lo que se va a evaluar en relación con los modelos, esto es, plantearse si los estudiantes son capaces de responder a los siguientes interrogantes:

- ¿Qué problema/s resuelve o representa el modelo? ¿Qué otras situaciones permite representar?

A partir de estas respuestas se puede dar cuenta de la *adecuación* del modelo y de su *grado de generalidad*. Un detalle importante en esta evaluación reside en poder describir el tipo de problema origen (si es un problema de predicción, de explicación o de representación); clarificar cuál es el problema origen es un paso necesario para poder evaluar el modelo y, además, es una muestra importante de aprendizaje porque implica una profunda reflexión sobre el mismo.

- ¿Cuáles son las variables implicadas? ¿Se han explicitado todas las variables y las hipótesis utilizadas?

La *explicitación* de las hipótesis usadas es un buen indicador de la profundidad de comprensión del trabajo realizado. En este sentido, es fundamental determinar las variables o postulados correspondientes a cada uno de los modelos que se utilicen, así como pedir a los estudiantes que hagan explícitos los mismos al explicar el funcionamiento de un modelo, o predecir el comportamiento de un sistema a partir de su uso. En particular, para el tema de geometría molecular es deseable, por un lado, que los estudiantes señalen cuáles son los postulados que resultan necesarios en cada caso para predecir la geometría de una molécula. Por otro, es importante que los estudiantes argumenten –verbalmente y por escrito– las resoluciones a las situaciones planteadas utilizando los postulados del modelo y haciendo explícito su uso.

- ¿Qué analogías o semejanzas con otros problemas entran en juego?

El establecimiento de relaciones con otros modelos es una muestra de la *conectividad* del mismo y de la capacidad que han desarrollado los estudiantes para el trabajo con ellos. Las redes conceptuales son útiles indicadores para detectar, tanto la conectividad de un modelo con otros, como para indagar acerca de la comprensión que muestran los estudiantes sobre la estructura interna del modelo.

En resumen, es importante tener en cuenta que el proceso de modelización en el aula va mucho más allá de la elaboración de maquetas o esquemas y tampoco se limita a la construcción de metáforas o analogías, sino que implica la representación de un hecho o proceso bajo diversas simbologías. En tal sentido, es conveniente proponer a los estudiantes distintos tipos de modelos y explicitar sus características, así como la correspondencia entre el modelo y el hecho o proceso representado.

## AUTOEVALUACIÓN, COEVALUACIÓN Y EVALUACIÓN MUTUA

El contexto de evaluación debe promover en los estudiantes una creciente autonomía en la toma de decisiones y en la regulación de sus aprendizajes, favoreciendo el pasaje desde un lugar de heteronomía –donde es el docente quien propone las actividades, los eventuales caminos de resolución y las evaluaciones, y el estudiante es quien las realiza– hacia un lugar de mayor autonomía en el que el estudiante pueda plantearse problemas, seleccionar sus propias estrategias de resolución, planificar el curso de sus acciones, administrar su tiempo y realizar evaluaciones parciales de sus propios procesos, reconociendo logros y dificultades.

En este sentido, y en consonancia con la propuesta del Diseño Curricular, la evaluación constituye un punto central en la dinámica del aprendizaje por diversas razones. En primer lugar, porque el trabajo de construcción de conocimiento, tal como es entendido en esta propuesta, es un trabajo colectivo, en la medida en que todos participan individual y grupalmente de la construcción de modelos explicativos, del diseño e implementación de las investigaciones, de las argumentaciones y de las actividades generales de aprendizaje que se propongan. Por lo tanto, es menester que la evaluación incluya este aspecto social, dando oportunidades a los estudiantes para hacer también evaluaciones tanto del propio desempeño, como el de sus compañeros.

Esta responsabilidad de evaluar desempeños, implica, asimismo, un segundo aspecto, vinculado con la democratización de las relaciones en el aula y el aprendizaje de las ciencias, para los cuales una evaluación debe estar fundamentada en criterios explícitos y no en cuestiones de índole personal –simpatía o antipatía por un compañero o un argumento–. De modo que es fundamental enseñar a evaluar la marcha de un proyecto o el desempeño dentro de un grupo, estableciendo conjuntamente, y con la ayuda del docente, cuáles serán los criterios con que es conveniente juzgar la pertinencia de cierto argumento o el cumplimiento de las normas para el trabajo experimental. Por último, la posibilidad de reflexionar sobre la evolución de los aprendizajes, a partir de criterios que fueron explicitados y compartidos, ayuda a repensar los aspectos teóricos o procedimentales que no han quedado lo suficientemente claros, así como a plantear caminos de solución.

Para favorecer este proceso tendiente a la autorregulación de los aprendizajes, es preciso incluir otras estrategias de evaluación que no pretenden sustituir, sino complementar los instrumentos clásicos. Se proponen como alternativas: la evaluación entre pares, la coevaluación y la autoevaluación.

La *evaluación entre pares o evaluación mutua*, en donde el estudiante comparte con sus pares los criterios de evaluación construidos con el docente y, en función de ellos, puede hacer señalamientos sobre los aspectos positivos o a mejorar, tanto del desempeño individual como el grupal, en relación con la tarea establecida. Este tipo de evaluación, que por supuesto debe

ser supervisada por el docente, puede aportar información acerca de la capacidad de los estudiantes para argumentar y sostener criterios frente a otros.

La *coevaluación*, entendida como una guía que el docente brinda a sus estudiantes durante la realización de una tarea, indicando no sólo la corrección o incorrección de lo realizado, sino proponiendo preguntas o comentarios que orienten a los estudiantes hacia el control de sus aprendizajes, llevándolos a contrastar los objetivos de la actividad con los resultados obtenidos hasta el momento y tendiendo siempre hacia la autorregulación.

La *autoevaluación* del estudiante, supone la necesidad de contar con abundante información respecto a la valoración que es capaz de hacer de sí mismo y de las tareas que realiza. La autoevaluación no consiste, como se ha practicado muchas veces, en hacer que el estudiante corrija su prueba escrita siguiendo los criterios aportados por el docente, sino más bien, en un proceso en el cual el estudiante pueda gradualmente lograr la anticipación y planificación de sus acciones y la apropiación de los criterios de evaluación.

# BIBLIOGRAFÍA

- Angelini, María del Carmen y otros, *Temas de Química General*. Buenos Aires, Eudeba, 1995.
- Butler, Ian; Harrod, John, *Química Inorgánica, principios y aplicaciones*. California, Addison Wesley Iberoamericana, 1992.
- Cane, Brian; Sellwood, James, *Química elemental básica*. Barcelona, Reverté, 1975.
- Di Risio, Cecilia y otros, *Química Básica*. Buenos Aires, CCC Educando, 2009.
- Chang, Raymond, *Química*. México, McGraw-Hill, 1992.
- – –, *Química Inorgánica avanzada*. México DF, Limusa, 1998.
- Cotton, Frank Albert; Wilkinson, Geoffrey, *Química Inorgánica básica*. México DF, Limusa, 1996.
- Dickerson, Richard, *Principios de Química*. Barcelona, Reverté, 1983.
- Fernández Cirelli, Alicia, *Aprendiendo Química Orgánica*. Buenos Aires, Eudeba, 2005.
- Galagovsky, Lydia, *Química Orgánica: fundamentos teórico prácticos para el laboratorio*. Buenos Aires, Eudeba, 2002.
- Gillespie, Richard, *Química*. Barcelona, Reverté, 1990.
- Mahan, Bruce; Myers, Rollie, *Química: un curso universitario*. Wilmington, EUA, Addison Wesley Iberoamericana, 1990.
- QuimCom, *Química en la Comunidad*. Wilmington, EUA, Addison Wesley Iberoamericana, 1997.

## HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

- Aduriz Bravo, Agustín, *Una introducción a la naturaleza de la ciencia. La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica, 2005.
- Asimov, Isaac, *Breve historia de la Química*. Madrid, Alianza, 1975.
- Chalmers, Alan, *¿Qué es esa cosa llamada Ciencia? Una valoración de la naturaleza y el estatuto de la Ciencia y sus métodos*. Madrid, Siglo XXI, 1982.
- Fourez, George, *Alfabetización científica y tecnológica*. Buenos Aires, Colihue, 1998.
- Kuhn, Thomas, *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid, Breviarios, Fondo de Cultura Económica, 1975.
- Leicester, Henry, *Panorama histórico de la Química*. Madrid, Alhambra, 1967.
- Mason, Stephen, *Historia de las Ciencias*. Madrid, Alianza, 1985.

## DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES

- Astolfi, Jean, *Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas*. Sevilla, Díada, 2001.
- Cañal de León, Pedro, "Investigación escolar y estrategias de enseñanza por investigación" en *Investigación en la escuela*, 1999.
- Ceretti, Horacio, *Experimentos en contexto: Química. Manual de laboratorio*. Buenos Aires, Prentice Hall, 2000.
- Del Carmen, Luis y otros, *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la Educación Secundaria*. ICE Horsori, 1999.
- García, Juan; García, Francisco, *Aprender investigando*. Sevilla, Díada, 1989.
- Gil, Daniel y otros, *La enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona, ICE de la Universidad de Barcelona/Horsori, 1991.
- Gil Pérez, Daniel, "Tres paradigmas básicos en la Enseñanza de las Ciencias" en *Enseñanza de las Ciencias*. Vol.1, nº 1, 1983.
- Giordan, Andre, *La enseñanza de las Ciencias*. Madrid, Siglo XXI, 1982.
- Jiménez Aleixandre, María Pilar y otros, *Enseñar ciencias*. Barcelona, Graó, 2003.

- Jorba, Jaume; Prat, Ángel, *Hablar y escribir para aprender*. Barcelona, Universidad Autónoma de Barcelona, Síntesis, 1998.
- Kaufman, Miriam; Fumagalli, Laura, *Enseñar Ciencias Naturales. Reflexiones y propuestas didácticas*. Buenos Aires, Paidós, 1999.
- Marco, Berta y otros, *La enseñanza de las Ciencias Experimentales*. Madrid, Narcea, 1987.
- – –, "Elementos didácticos para el aprendizaje de las Ciencias Naturales" en *Educación Abierta*, nº 17, ICE, Universidad de Zaragoza, 1987.
- Nuevo Manual de la Unesco para la enseñanza de las Ciencias*. Buenos Aires, Sudamericana, 1997.
- Perales Palacios, Javier; Cañal De León, Pedro, *Didáctica de las ciencias experimentales*. Buenos Aires, Marfil, 2000.
- Porlan, Raúl; Cañal, Pedro (comp.), *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla, Díada, 1988.
- Pozo, Juan Ignacio, *Aprendizaje de la Ciencia y pensamiento causal*. Madrid, Visor, 1987.
- – –; Gómez Crespo, Miguel Ángel, *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid, Morata, 2000.
- Shayer, Michael y otros, *La Ciencia de enseñar Ciencias*. Madrid, Narcea, 1984.
- Torp, Linda; Sage, Sara, *El aprendizaje basado en problemas*. Buenos Aires, Amorrortu, 1998.

## RECURSOS EN INTERNET

- Archivos Curriculares*, <http://www.nuevaalejandria.com/archivos-curriculares/ciencias/>  
Página del Ministerio de Educación de la Nación sobre Alfabetización Científica. Contiene múltiples actividades y planificaciones de posibles intervenciones docentes, así como experiencias sencillas de aula. Sitio consultado en septiembre de 2011.
- Aula 21*, <http://www.aula21.net>  
Enlaces con apuntes, problemáticas y actividades para el desarrollo curricular de biología, física y química. Sitio consultado en septiembre de 2011.
- Aula Virtual*, <http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/EQUIMICA/document/index.html>  
Página con enlaces recomendados a buscadores químicos, a recursos químicos variados y a temas de química en general. Sitio consultado en septiembre de 2011.
- Ciencias Naturales e Internet*, [http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/cc\\_naturales](http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/cc_naturales)  
Recursos didácticos para la enseñanza de las temáticas de Ciencias Naturales. Sitio consultado en septiembre de 2011.
- Ciencia Net*, <http://www.ciencianet.com>  
Propuestas experimentales, curiosidades, datos históricos, planteo de situaciones problemáticas para la enseñanza de las Ciencias Naturales. Sitio consultado en septiembre de 2011.
- [http://aportes.educ.ar/quimica/nucleo-de-herramientas/materiales-para-la-ensenanza/elementos\\_de\\_quimica.php](http://aportes.educ.ar/quimica/nucleo-de-herramientas/materiales-para-la-ensenanza/elementos_de_quimica.php)
- Educ.ar*, el portal educativo del Estado argentino. Sitio consultado en septiembre de 2011.
- Física con Ordenador*, <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>  
Curso completo de física con gran variedad de applets (programas de simulación) interactivos. Sitio consultado en septiembre de 2011.
- Fisicanet*, <http://www.fisicanet.com.ar>  
Apuntes y ejercicios sobre Física y Química. Sitio consultado en septiembre de 2011.
- Química Viva*, <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/>  
Publicación cuatrimestral del Departamento de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. Presenta material para el trabajo de investigación en el aula y en el laboratorio escolar. Para ver las alternativas de enseñanza que presenta entrar a: <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/Semanario/elab.html>. Sitio consultado en septiembre de 2011.

Unesco, [http://www.ibe.unesco.org/fileadmin/user\\_upload/Publications/Educational\\_Practices/EdPractices\\_14s.pdf](http://www.ibe.unesco.org/fileadmin/user_upload/Publications/Educational_Practices/EdPractices_14s.pdf)

Texto de la Unesco sobre actividades de habla, lectura y escritura de interés para los docentes. Sitio consultado en septiembre de 2011.