

FUNDAMENTOS

DE QUÍMICA

5º AÑO (ES)



ÍNDICE

Fundamentos de Química y su enseñanza en el Ciclo Superior de la Escuela Secundaria	103
Mapa curricular	106
Carga horaria	107
Objetivos de enseñanza	107
Objetivos de aprendizaje	108
Contenidos	109
Desarrollo de los contenidos	110
Orientaciones didácticas	118
Hablar, leer y escribir en Química	118
Trabajar con problemas de Química	124
Conocer y utilizar modelos en Química	130
Orientaciones para la evaluación	132
La evaluación de las actividades experimentales	132
Criterios de evaluación	133
Instrumentos de evaluación	134
Evaluación de conceptos y procedimientos	134
Evaluación de modelos científicos escolares	136
Autoevaluación, coevaluación y evaluación mutua	137
Bibliografía	139
Historia y Filosofía de la Ciencia	139
Didáctica de las ciencias experimentales	139
Recursos en Internet	140

FUNDAMENTOS DE QUÍMICA 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”.¹

La materia Fundamentos de Química está diseñada para abordar 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. Así, se articula con los propósitos establecidos para la Educación Secundaria en relación con la formación para la ciudadanía, el mundo del trabajo y la continuidad en los estudios.

En este sentido, resulta fundamental establecer que estos propósitos para la Educación Secundaria, común y obligatoria, implican cambios en la perspectiva curricular de la educación en ciencias en general y de química, en particular. Cambios 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 toda la Educación Secundaria de la Provincia en el ámbito de las ciencias naturales, sirva a la formación de todos 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, valorando estos conocimientos pero a la vez, reconociendo sus limitaciones. En este sentido, una persona científicamente alfabetizada se interioriza sobre estos modos particulares en que se construyen los conocimientos que producen los científicos, que circulan en la sociedad, y que difieren de otras formas de conocimiento. También, 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. Por ello un nuevo enfoque de la función de la Educación Secundaria debe replantearse los objetivos y las formas de enseñar ciencias.

¹ 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 mediante 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, generando 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.

En particular, 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 aprendidos 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 del conjunto 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”.²

² Gil Pérez, Daniel; Vilches, Amparo, *Educación, ciudadanía y alfabetización científica: mitos y realidades*, en Revista Iberoamericana de Educación, OEI, N° 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, ya 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)".³

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 de lenguaje y su uso en el ámbito de la Química. Debe quedar claro que no se trata de dejar de lado el uso de cálculos u operaciones propias de este campo, sino 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 solo 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.

Fundamentos de Química es una materia específica de la Orientación en Ciencias Naturales. Corresponde al 5° año de la misma y continúa con la materia Química del Carbono, en el 6° año; esta última, cierra la formación específica en Química de 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 ES.

Los contenidos que se desarrollan en Fundamentos de Química 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 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 todos los jóvenes de la Provincia. Interesa que conozcan la actividad de la química y al-

³ Lemke, Jay, *Aprender a hablar ciencias*. Buenos Aires, Paidós, 1997.

gunas explicaciones de este campo de conocimientos, de interés para la formación ciudadana y 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 que son necesarios para explicar las problemáticas incluidas en el Diseño Curricular.

MAPA CURRICULAR

Materia	Fundamentos de Química
Año	5° año
Conceptos organizadores	Proceso, cambio, conservación.
Ejes y núcleos de contenidos	Eje temático 1. Química del Agua Núcleo 1. Agua y soluciones acuosas en la naturaleza La composición del agua de mar. Unidades de concentración. La definición de agua potable del Código Alimentario Argentino. Teorías de la disociación de electrolitos. Propiedades coligativas Núcleo 2. Equilibrios en solución Reacciones de precipitación. Definición de ácido y base: Arrhenius, Brönsted-Lowry. Reacciones ácido-base. Equilibrio ácido-base. Soluciones reguladoras. Ecuación de Henderson.
	Eje temático 2. Electroquímica y almacenamiento de energía Reacciones redox. Hemirreacciones. Celdas electroquímicas. Pilas y baterías. Electrólisis. Estequiometría en reacciones redox y leyes de Faraday de la electrólisis.
	Eje temático 3. Química y procesos industriales La producción de ácido sulfúrico. Solubilidad. Calores de disolución y de dilución. Velocidad de reacción. Modelo cinético-molecular y temperatura. Modelo de colisiones y modelo del complejo activado. Catalizadores.

CARGA HORARIA

La materia Fundamentos de Química corresponde al 5° 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 3 horas semanales.

OBJETIVOS DE ENSEÑANZA

- Generar en el aula de Química 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, para acompañarlos en el camino hacia construcciones más cercanas al conocimiento científico.
- Plantear problemas apropiados, a partir de situaciones cotidianas y/o hipotéticas, que permitan ir 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 para 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 sobre el 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 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 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 y 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 Fundamentos de Química fueron seleccionados de acuerdo con los siguientes criterios:

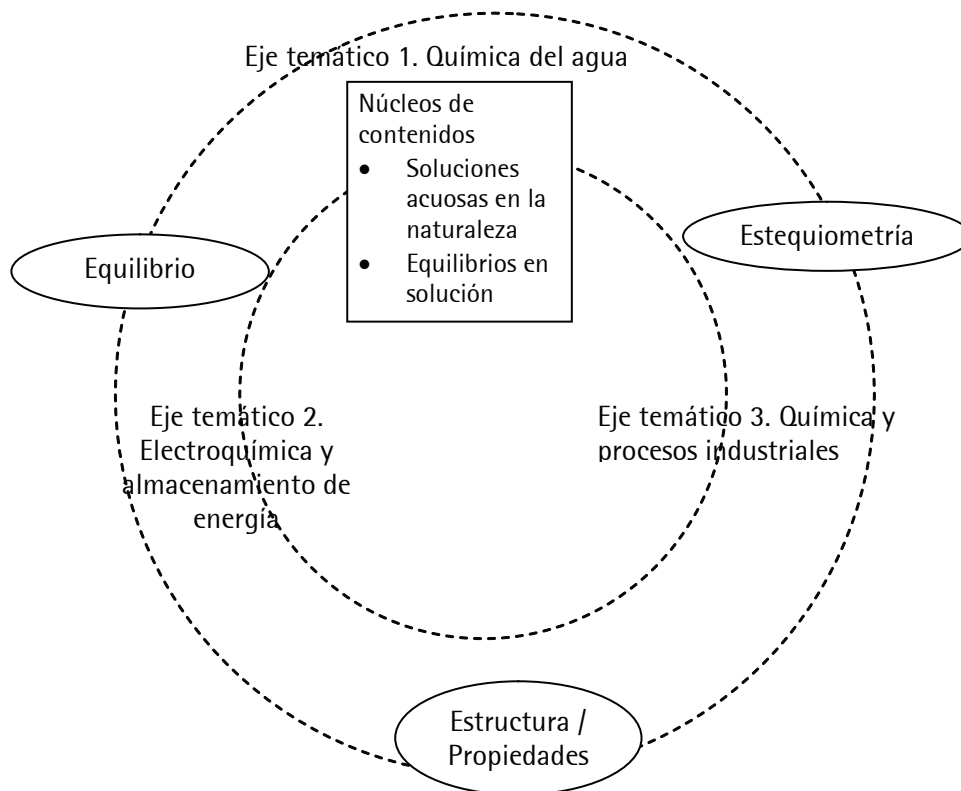
- relevancia de los mismos por su potencial explicativo de múltiples fenómenos químicos naturales y/o tecnológicos de interés en la actualidad;
- adecuación a los fines de la Educación Secundaria;
- continuidad con respecto a los contenidos estudiados en los años anteriores de la Educación Secundaria;
- necesidades formativas de los jóvenes en relación con la formación ciudadana, ya que incluyen núcleos de contenidos relacionados con 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 procedimientos fundamentales en el campo disciplinar de la química.

De este modo, estos contenidos presentan interés desde la concepción de la formación de ciudadanos ya que vinculan temas científicos con asuntos públicos de importancia sobre los que las personas deben tener información fundamentada. Al mismo tiempo, son reconocidos en la disciplina y fundamentales para comprender sus aportes teóricos y metodológicos a la interpretación de fenómenos naturales y tecnológicos.

Los contenidos se organizan en *ejes temáticos* que describen los grandes campos de aplicación dentro de los cuales se trabajarán los marcos disciplinares. Dentro 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 conceptos disciplinares previstos para trabajar en la materia en este 5º año, de manera que los mismos pueden ser abordados, en más de una oportunidad, integrando y profundizando los conocimientos y brindando la oportunidad a los estudiantes de 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 permite generar marcos teóricos amplios de utilidad en múltiples fenómenos. Asimismo, este planteo en espiral, posibilita a docentes y estudiantes ir progresivamente utilizando 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 ellos, se delimita el alcance y la profundidad con que deben trabajarse para la materia Fundamentos de Química a lo largo del ciclo lectivo. El gráfico que figura a continuación da cuenta de la organización conceptual de los contenidos y su división en ejes temáticos y núcleos de contenidos.



DESARROLLO DE LOS CONTENIDOS

Eje temático 1. Química del agua

Núcleo 1. Agua y soluciones acuosas en la naturaleza

La composición del agua de mar. Unidades de concentración. Molaridad y expresión de la concentración. La definición de agua potable del Código Alimentario Argentino. Propiedades de las soluciones: densidad, viscosidad, color. Teorías de la disociación de electrolitos: Arrhenius. Propiedades coligativas (ascenso ebulloscópico, descenso crioscópico y presión osmótica) y molalidad.

En este año se propone trabajar con los estudiantes desde una perspectiva que permita vincular los conceptos disciplinares con situaciones del ámbito científico y/o aplicaciones tecnológicas que resulten relevantes por su impacto social y ambiental.

En este sentido, por su importancia en términos socioeconómicos y ambientales, se introducirá a los estudiantes en los temas expuestos a partir del estudio de la química en los cursos de agua. Esta introducción permite un enfoque de los contenidos en términos de los vínculos entre ciencia y sociedad.

En continuidad con los contenidos disciplinares presentados en la materia Introducción a la Química de 4º año, se profundiza en el tratamiento de soluciones, unidades de concentración y noción de cantidad de sustancia. Se trabajará nuevamente con molaridad y se introducirán,

además, formas de expresión de la concentración como la fracción molar y la molalidad. Se comienza el estudio de la disolución de electrolitos en solución y de su disociación, y cómo la concentración de solutos afecta a las propiedades de la solución. Se presentan las propiedades de las soluciones, como densidad, viscosidad, color, etcétera.

Estos conceptos pueden ser abordados a partir de la composición del agua en los mares y cursos de agua dulce y del estudio del agua potable a partir de las especificaciones del Código Alimentario Argentino.

Se pretende que los estudiantes puedan diseñar los pasos necesarios para preparar soluciones y llevarlos a la práctica en el laboratorio. Adquirirán habilidades como: pipetear, trasvasar analíticamente, pesar correctamente, traspasar un sólido a un recipiente adecuado (matraz, vaso de precipitado, erlenmeyer) o enrasar.

Para preparar soluciones con determinada concentración de un electrolito se desarrollará la noción de disociación electrolítica y se trabajará con la estequiometría de la disolución.

Los estudiantes podrán medir en el laboratorio la dureza total de distintas muestras de agua, así como analizar el pH, el color y el olor para comparar con los parámetros de calidad de agua potable dispuestos por el Código Alimentario Argentino. Se debatirá acerca de la importancia del acceso al agua potable en términos sanitarios, como problemática social y ambiental.

Se estudiarán, también, algunas propiedades coligativas, tales como: descenso crioscópico, ascenso ebulloscópico y presión osmótica, incluyendo el estudio cuantitativo de éstas. Podrá discutirse la importancia de la presión osmótica para el funcionamiento de las células y organismos vivos en general, o la relación entre propiedades coligativas y el uso de anticongelantes o de sales y otros solutos para disminuir el punto de fusión en procesos industriales o cotidianos de enfriado.

Núcleo 2. Equilibrios en solución

Reacciones de precipitación. Equilibrios de precipitación en los océanos: carbonatos y sulfatos. Contaminación de los cursos de agua y equilibrios de precipitación: cromo, hierro y aluminio. Solubilidad. Ley de Henry y fracción molar. Disolución de oxígeno y dióxido de carbono en agua. Demanda biológica de oxígeno. Transporte de dióxido de carbono en sangre. Comportamiento ácido-base del agua: autoprotólisis del agua. pH: Concepto y cálculos. Definición de ácido y base: Arrhenius y Brønsted-Lowry. Reacciones ácido-base. Equilibrio ácido-base. La regulación del pH en los océanos y en la sangre. Soluciones reguladoras. Ecuación de Henderson.

La noción de solubilidad permite recuperar el concepto de equilibrio químico ya estudiado en 4º año. Se debe señalar que el equilibrio de los solutos entre la fase en solución y la fase en el estado sólido sólo existe una vez que la concentración de soluto de la solución supera la solubilidad, y que ésta es la máxima concentración de soluto que puede existir en la solución en ciertas condiciones de presión y temperatura. De este modo, la solubilidad no depende de la concentración de soluto y es una propiedad del solvente.

A partir de los equilibrios de precipitación de hidróxidos y carbonatos en los océanos, se considerarán los procesos de disolución de sales en agua; de este modo, se pueden calcular concentraciones de los electrolitos disueltos en la solución a partir de un análisis estequiométrico de la reacción química correspondiente. Se podrán recuperar aquí nociones sobre equilibrio, aplicados a los casos de precipitación, e introducir la constante de precipitación K_{ps} y el cociente de precipitación, Q_{ps} , a partir del cual los estudiantes podrán evaluar si se producirá o no la precipitación de los solutos. Asimismo, podrán calcular la solubilidad de distintas sustancias en agua a partir de la constante de equilibrio de precipitación y el uso adecuado de las relaciones estequiométricas. En este proceso, se analizará el efecto de ión común.

La temática presentada se contextualizará a partir del análisis de casos de contaminación de los cursos de agua, considerando equilibrios de precipitación de elementos como el cromo, el hierro, el aluminio, entre otros. Se discutirá acerca de la contaminación de los cursos de agua por uso, mal uso y mala disposición final de agroquímicos; reactivos, productos y desechos industriales; derivados del petróleo o residuos domiciliarios.

La solubilidad relativa de dos o más solutos en un determinado solvente podrá ser analizada cualitativamente a partir del estudio de la intensidad de las fuerzas intermoleculares existentes entre moléculas del soluto, moléculas del solvente y moléculas del solvente y del soluto. De este modo, se podrán tratar ejemplos como la miscibilidad de agua y etanol y agua y acetona, y el hecho de que agua y el aceite sean inmiscibles, recuperando y ampliando las nociones sobre la relación estructura- propiedades trabajadas en 4º año.

La solubilidad de sustancias gaseosas en solución será trabajada cuantitativamente mediante la ley de Henry, para lo cual deberá introducirse la fracción molar como unidad de concentración.

La nociones de concentración y solubilidad se aplicarán, a su vez, a temáticas vinculadas con la contaminación de cursos de agua. Se trabajarán los parámetros de calidad de agua potable que define el Código Alimentario Argentino, y a partir del estudio de caso de distintas muestras, se decidirá si éstas son potables o no.

Se realizarán experiencias en el laboratorio sobre esta temática, como la medición de dureza total, color, olor y pH de diferentes muestras de agua. La concentración de oxígeno disuelto y la demanda biológica de oxígeno servirán para estudiar la disolución de gases en soluciones acuosas.

Se presentarán, también, los equilibrios ácido-base en soluciones acuosas a partir del estudio de la química del agua y el fenómeno de la lluvia ácida. Se introducirá el equilibrio de autoionización del agua, remarcando a partir de éste que los iones hidróxido y oxonio están siempre presentes en las soluciones acuosas. El pH, entendido como una unidad para medir la concentración de iones oxonios da una medida de la acidez de una solución.

Se desarrollarán como definiciones de ácido y base, las que corresponden a Arrhenius y a Brønsted- Lowry. Se pretende que los estudiantes puedan formular el ácido conjugado a partir de una base (y viceversa), y plantear ecuaciones de reacciones ácido-base cuando corresponda.

A nivel experimental, el pH puede ser medido a partir de datos electroquímicos (como en pHmetro) o se puede estimar mediante indicadores sintéticos o naturales. El uso de indicadores, universales o no, es una habilidad práctica que se pretende que los estudiantes adquieran a lo largo del trabajo sobre este eje.

Se trabajará con las constantes de equilibrio, K_b y K_a , y a partir de ellas se podrán calcular concentraciones de reactivos y productos en el equilibrio (o viceversa), y analizar cuantitativamente el efecto de ión común. También, a partir de los valores de estas constantes, podrá evaluarse la fuerza de ácidos y bases.

Se estudiará cómo los equilibrios ácido-base se desplazan en un sentido dado con el agregado de reactivo o producto, con cambios en la temperatura, entre otros, a partir de la aplicación del principio de Le Chatelier.

A partir de los sistemas de regulación del pH en los océanos, se estudiarán soluciones reguladoras, de las que se podrá efectuar un tratamiento cuantitativo utilizando la ecuación de Henderson. Estas soluciones serán presentadas utilizando ejemplos de su uso en distintos sistemas, tales como en la sangre (con los pares fosfato monoácido/fosfato diácido y bicarbonato/dióxido de carbono hidratado) u otros sistemas biológicos (como la regulación del pH en el estómago y la acción de los antiácidos); en el suelo y en procesos industriales (por ejemplo, en la industria textil, en procesos de teñido). La preparación de soluciones reguladoras o buffer para distintos usos, podrá ser trabajada en el laboratorio. Como resultado del trabajo sobre los contenidos del Eje temático 1 los estudiantes podrán:

- utilizar distintas unidades de concentración y realizar pasajes entre ellas al usarlas en los cálculos estequiométricos;
- preparar diversas soluciones en el laboratorio y utilizar los datos obtenidos para resolver problemas;
- diseñar experiencias coherentes con el interrogante a responder, sobre la base de las herramientas metodológicas y teóricas aprendidas;
- distinguir, por sus definiciones, los distintos tipos de agua (potable, para consumo animal, etc.) y determinar a partir de datos de mediciones físico-químicas y microbiológicas, si una dada muestra de agua se ajusta a alguna de ellas;
- comunicar la información científica cuantitativa y cualitativa a partir de un vocabulario técnico adecuado para su presentación a diferentes públicos, utilizando símbolos y notación técnica, gráficos y cálculos;
- explicar la relevancia social del uso de agua potable, así como las problemáticas sociales, sanitarias y ambientales generadas por la falta de acceso a la misma por ciertos sectores de la población;
- explicar la relevancia socioeconómica e histórica de los procesos de purificación del agua para el consumo humano;
- reconocer cómo la concentración de una solución afecta propiedades a nivel macroscópico como punto de fusión, punto de ebullición, presión osmótica, gusto, color;
- utilizar la noción de equilibrio químico y aplicarlas a equilibrios de solubilidad y equilibrios ácido-base;
- reconocer ácidos y bases utilizados en la vida cotidiana o en un laboratorio químico y escribir adecuadamente sus fórmulas químicas, así como la de su ácido o base conjugado, según corresponda;

- reconocer la relación entre la fuerza de un ácido o base, su K_a o K_b y la fuerza de su base conjugada;
- reconocer una solución *buffer*, así como su importancia en distintos procesos químicos y fisiológicos;
- preparar soluciones *buffer* en el laboratorio.

Eje temático 2. Electroquímica y almacenamiento de energía

Reacciones de óxido-reducción. Hemirreacciones. Celdas electroquímicas. Pilas y baterías. La batería de plomo/ácido sulfúrico. Pilas secas. Pilas alcalinas. Disposición de las baterías: consecuencias ambientales. Alternativas. Electrólisis. Estequiometría en reacciones redox y leyes de Faraday de la electrólisis. Síntesis de cloro: ventajas y desventajas de los distintos métodos. Reacciones orgánicas y biológica de óxido-reducción. Interconversión entre energía eléctrica y energía química en la fosforilación oxidativa y en las usinas eléctricas. Corrosión.

Los contenidos relativos a reacciones de óxido-reducción o redox, son retomados en esta unidad. A su vez se recuperarán y trabajarán nociones de estequiometría, todos trabajados ya en el 4° año.

Se espera que los estudiantes puedan igualar ecuaciones químicas que representen las reacciones de óxido-reducción que se producen en estos y otros procesos, utilizando el método de ion-electrón. Se estudiará el funcionamiento de las celdas electroquímicas y se explicará la necesidad de cerrar el circuito para que ocurra reacción química.

Para profundizar los conceptos antes mencionados, se estudiará el funcionamiento de pilas y baterías, mediante ejemplos como las baterías de plomo y ácido sulfúrico, pilas secas y pilas alcalinas. Estos temas podrán ser también trabajados en el laboratorio, donde se pretende que los estudiantes puedan armar dispositivos sencillos. Se abordarán las problemáticas ambientales relativas a la disposición de las pilas y las distintas alternativas existentes hoy en día.

La producción de cloro, de alta importancia económica, permite ilustrar reacciones de óxido-reducción y conceptos de estequiometría en procesos relativamente sencillos. La producción de cloro por el método cloro-sosa (u otros, como el de cátodo de mercurio) permite una introducción al estudio de procesos de electrólisis (que podrá ser profundizado a partir de la obtención de hidrógeno mediante la electrólisis de agua acidulada). Se introducirán las leyes de Faraday de la electrólisis. Se pretende que los estudiantes efectúen cálculos estequiométricos a partir de datos experimentales como masa o cantidad de productos y/o reactivos, tiempo de electrólisis e intensidad de corriente aplicada, y las hemirreacciones involucradas. Se podrá trabajar en el laboratorio a partir de demostraciones sobre la electrólisis del agua acidulada. La producción de hipoclorito de sodio permite, además, ilustrar la producción de un bien cotidiano para la mayoría de los estudiantes y cómo los cambios en las condiciones de la solución, (en este caso, el pH), pueden hacer cambiar la estabilidad de distintas especies químicas. Se analizará la importancia económica y los efectos sobre el ambiente de estos procesos.

En este año, deberá afianzarse el tratamiento de la estequiometría de las reacciones químicas, que podrá realizarse a lo largo de este Eje. Para ello, se recuperarán conceptos como pureza de los reactivos, reactivo limitante y reactivo en exceso y rendimiento, ya trabajados en 4° año, ampliándolos mediante las leyes de Faraday de la electrólisis. Se podrán retomar cuestiones

acerca del equilibrio químico y, además, indicar que el rendimiento también disminuye debido a reacciones secundarias en las cuales se consume reactivo y/o producto (que puede ejemplificarse con el método de Raschig). Se pretende que el estudiante efectúe cálculos estequiométricos que le permitan utilizar estas nociones y determinar el rendimiento de una reacción, la cantidad o masa de producto generada (o de reactivo limitante y en exceso utilizada).

De esta forma, se podrá interpretar la transferencia de electrones que ocurre en las reacciones de óxido-reducción a partir del estudio de pilas, procesos de electrólisis y ecuaciones de hemirreacción. Se aclarará que una hemirreacción no ocurre sola, sino que para que exista reacción química, deben ocurrir en simultáneo una hemirreacción de oxidación y una hemirreacción de reducción, que dan lugar a la ecuación química que representa el proceso completo.

Para poder predecir si ocurrirá una reacción redox, se utilizará la serie electroquímica, como medida del poder oxidante de una especie. Es posible, también, el reconocimiento de reacciones de oxidación de compuestos orgánicos, como la oxidación de alcanos, alcoholes y aldehídos, o la reducción de alquenos o alquinos mediante hidrogenación; para ampliar el universo de aplicación de las reacciones redox y no confinarlo a la química inorgánica. En el mismo sentido, es posible recuperar también reacciones metabólicas ya estudiadas en 4º año, en el Eje Química y alimentación.

Se podrán estudiar dos procesos en los cuales se interconvierten energía eléctrica y energía química. En el primero, el calor liberado por las reacciones de combustión es utilizado para la generación de electricidad en las usinas eléctricas. En el proceso ya estudiado de la fosforilación oxidativa, la corriente eléctrica que se genera a través de la ATPasa con el pasaje de iones oxonio, es utilizada para la producción de ATP (y al inicio de este proceso, moléculas con alto poder reductor son utilizadas para generar una corriente eléctrica –también de iones oxonio– hacia el espacio intermembranal).

Como resultado del trabajo sobre los contenidos del Eje temático 2, los estudiantes podrán:

- reconocer, balancear y escribir adecuadamente ecuaciones que simbolicen procesos de óxido-reducción;
- realizar cálculos estequiométricos en reacciones redox, utilizando la noción de pureza, rendimiento, reactivo limitante y reactivo en exceso y las leyes de Faraday;
- reconocer cómo se almacena energía en pilas y baterías en forma de agentes oxidantes y agentes reductores;
- reconocer la relación inversa entre el poder oxidante o reductor de un agente y el poder reductor u oxidante de su especie oxidada o reducida;
- explicar la importancia social, histórica y tecnológica del uso de distintas fuentes de energía y la posibilidad de almacenamiento de energía;
- explicar la problemática social y ambiental relativa a la disposición final de pilas y baterías.

Eje temático 3. Química y procesos industriales

La producción de ácido sulfúrico. Solubilidad. Calores de disolución y de dilución. Preparación de soluciones: dilución, mezcla y disolución. Velocidad de reacción. Dependencia con la temperatura, la superficie de contacto y las concentraciones. Modelo cinético-molecular y temperatura. Modelo de colisiones y modelo del complejo activado. Catalizadores. El uso del óxido de vanadio en el método de contacto. Instrumentación del proceso Haber. Las enzimas como

catalizadores biológicos: procesos biotecnológicos. Estequiometría. El equilibrio químico como proceso dinámico: igualdad de velocidades de reacción directa y de reacción inversa.

Se retomarán las nociones de solubilidad y se introducirá al estudio de calores de disolución y dilución. Se estudiará, para ello, la producción industrial de ácido sulfúrico, compuesto químico de alta importancia económica en la industria.

En continuidad con los contenidos presentados en Introducción a la Química durante el 4º año, se trabajará con las nociones de cantidad de sustancia, conservación de la materia, así como el cálculo de la cantidad de soluto presente en la solución. Se presentarán las ecuaciones químicas que representan la disolución de sustancias en estado sólido y gaseoso, y a partir de ellas se podrán realizar cálculos estequiométricos para hallar cantidad de soluto disuelta y la concentración de la solución. Se estudiarán las propiedades de las soluciones tales como: densidad, concentración, color, etcétera.

Se abordarán en el laboratorio procesos de dilución de soluciones, de mezcla de soluciones y de disolución de solutos para producir la solución con la concentración deseada.

Las nociones sobre cinética química serán presentadas a partir del análisis de la instrumentación del método de contacto para la producción de ácido sulfúrico. Este método permite introducir la dependencia de la temperatura sobre la velocidad de reacción, de la viscosidad, y también de la presencia de catalizadores (y su concentración). También, se podrá tratar el compromiso que existe entre la cinética y el equilibrio químico en la instrumentación del método Haber.

El modelo de las colisiones permite explicar en forma sencilla la dependencia de la velocidad de reacción con la temperatura, las concentraciones y la superficie de contacto; las cuales serán trabajadas en forma cualitativa.

El modelo del complejo activado permite una explicación del proceso por el cual transcurre una reacción química. Además se utilizará para explicar la acción de los catalizadores, que al utilizar nuevos caminos de reacción, disminuyen la energía de activación de la reacción.

Al trabajar con dichos 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 disponible y en qué medida es una construcción idealizada de los fenómenos que pretende explicar.

A partir de las nociones de cinética química estudiadas, se recuperará la naturaleza dinámica del equilibrio químico, en el cual la velocidad de reacción directa es idéntica a la velocidad de reacción inversa. Como resultado del trabajo sobre los contenidos del Eje 3, los estudiantes podrán:

- reconocer procesos de dilución de soluciones y efectuar cálculos que permitan averiguar concentraciones de las soluciones diluidas y concentradas a partir de los datos necesarios;
- preparar soluciones a partir de soluciones más concentradas de concentración conocida;
- explicar la relevancia socioeconómica e histórica de los procesos de producción industrial estudiados;
- conceptualizar la naturaleza dinámica del equilibrio químico, a partir de las nociones de cinética química estudiadas y de las nociones de equilibrio químico;

- reconocer la relación entre diversos factores como la temperatura, concentración y superficie de contacto y la velocidad de una reacción;
- reconocer la acción de los catalizadores en las reacciones químicas y a las enzimas como catalizadores biológicos;
- utilizar los modelos estudiados sobre cinética química para predecir comportamientos de diversos sistemas químicos;

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.

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 el 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;
- conocer y utilizar 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 presentan 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. A menudo, se sostiene 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, desde el enfoque sostenido en este Diseño se acuerda con lo expresado por Sanmartí⁴ 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".

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. 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.

⁴ 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, ya que presupone una revisión de 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 con 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 y contrastar las afirmaciones y los argumentos en las que se fundan con las teorías científicas que den cuenta de los fenómenos involucrados;
- cotejar distintos textos, comparar definiciones, enunciados y explicaciones alternativas. Para esto 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 más pequeños, a pares, a padres, a la comunidad, etc.) 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 para 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 tareas 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, y para este año 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.

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 Lemke⁵ 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 permitan 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 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.

⁵ Lemke, Jay, *Aprender a hablar ciencias*. Buenos Aires, Paidós, 1997.

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 predecir comportamientos de diversos sistemas.

Respecto 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.

La lectura de las ecuaciones químicas se trabaja desde el 2° año y se complejiza progresivamente. El estudio de la noción de *cantidad de sustancia* en 4° y 5° año, amplía las posibilidades de lectura de las ecuaciones químicas, y este contenido debe ser trabajado durante toda la Educación Secundaria en las materias de química. La noción de equilibrio químico, trabajada desde 4° año y profundizada específicamente en este 5° año, introduce la necesidad de reconocer su naturaleza dinámica, en particular, desde la lectura de la ecuación química que lo representa. Además, resulta necesario explicitar el carácter de *proceso*, implícito en la expresión de la ecuación química.

Para poder operar con estos conceptos y con los procedimientos a ellos asociados y calcular de manera efectiva, se hace imprescindible introducir la noción de *cantidad de sustancia* y su unidad, el *mol*. Esto implica introducir a los estudiantes en uno de los contenidos más problemáticos de la disciplina para los iniciados, pero su tratamiento resulta impostergable a la hora de comenzar a entender los marcos conceptuales necesarios para la comprensión de los procesos químicos.

Será necesario en ese punto, prestar atención a la construcción del mencionado concepto –de un cierto grado de abstracción– para favorecer la resolución de ejercitaciones en las que, comenzando por un lenguaje coloquial, puede hacerse explícito el significado de la ecuación química y el principio de conservación. La introducción de la noción de mol profundiza sobre la idea de conservación, pero admite nuevas lecturas de los procesos químicos, ahora, en términos macroscópicos.

Es necesario destacar en toda ocasión en que se trabaje con ecuaciones químicas, cómo los coeficientes estequiométricos permiten leer los cambios químicos, evidenciando las relaciones cuantitativas. De este modo, la comprensión de la noción de conservación en los mismos, puede ser leída tanto a nivel atómico-molecular, como macroscópico. Ese es el valor que tiene la idea de cantidad de sustancia –y su unidad, el mol– desde el punto de vista instrumental, y es la clave en la comprensión de los conceptos y procedimientos asociados a las transformaciones químicas: ser una bisagra entre los fenómenos del mundo macroscópico, fenomenológico, y la comprensión teórica de los mismos, en términos atómicos-moleculares.

Otro aspecto a trabajar en relación con las prácticas del lenguaje en el aula de Química, es la vinculación entre la estructura de las moléculas y las propiedades macroscópicas que de ella se derivan. Nuevamente es necesario destacar la relación existente entre estos dos niveles de descripción implicados.

Se pueden considerar oportunidades especialmente interesantes para trabajar las prácticas del lenguaje en el campo de la química para este 5° año. Por ejemplo, respecto a las variaciones de

los valores de las diversas propiedades de las especies químicas se debe hacer explícito el vínculo entre la estructura de dichas especies y los valores de las propiedades consideradas. En este sentido, resulta fundamental detenerse en el análisis de la argumentación que los estudiantes ofrecen en relación con las variables que toman en cuenta al justificar. Idénticas consideraciones pueden hacerse respecto de la solubilidad relativa de las diversas sustancias.

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.

La *escritura de las ecuaciones químicas* presentadas durante este 5º año debe ser considerada conjuntamente con la importancia de una *lectura* apropiada, atendiendo a cuestiones tales como las relaciones estequiométricas involucradas, la noción de reversibilidad, estados de agregación de los compuestos e intercambios de energía. Será importante que el estudiante reconozca la relevancia de explicitar selectivamente algunos de estos aspectos según las demandas de información requerida por la situación con la que se esté trabajando en cada oportunidad.

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 Polya⁶:

- 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, vayan recorriendo 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:

⁶ Polya George, *Cómo plantear y resolver problemas*. México, Trillas, 1987.

- 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 exclusivamente problemas que se realizan 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;
- 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. En este año aparecen formando parte de todos los ejes, dado que la profundización de los contenidos, incluye un tratamiento más formalizado. 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 mayor autonomía tanto los conceptos vinculados como

los algoritmos requeridos. Es importante que el docente tenga en cuenta diversas 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 siguiendo a la hora 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. En particular, en relación con las vinculaciones tecnológicas, sociales y ambientales que plantean cada una de las problemáticas presentadas en los ejes.

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. Se presenta este tipo de actividad como una forma posible de los problemas abiertos que implica además búsqueda, análisis y procesamiento de la información de acuerdo al marco teórico trabajado.

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, en este año los estudiantes deben tener incorporado cierto nivel de destrezas, tanto en el plano procedimental como en el conceptual, que facilite 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 apren-

der 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 pueda investigar, puede empezar a intuirlos o conocerlos a partir de la misma. 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 Caamaño⁷ (2003), algunas fases del proceso seguido durante las investigaciones escolares que permiten orientar el trabajo:

Fase de identificación del problema: en la que se permite 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.

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 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 mediante 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 de los medios adecuados para la realización de las investigaciones, coordinar los debates o plenarios para distribuir entre los estudiantes los resultados y conclusiones alcanzadas.

Asimismo, es importante planificar los tiempos que requieren las investigaciones escolares y generar las oportunidades necesarias para los aprendizajes que deben realizarse ya 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

⁷ Jiménez Aleixandre, María Pilar y otros, *Enseñar ciencias*. Barcelona, Graó, 2003.

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 realización y finalmente la 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 planteado;
- elaborar las hipótesis que puedan ser contrastadas por vía de la experiencia o 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.

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 al resolver el 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 para 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 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.

A continuación se proponen algunos ejemplos de actividades.

En 5° año, muchos de los contenidos pueden trabajarse o profundizarse mediante trabajos de *investigación bibliográfica* como los vinculados con la producción industrial de diversos materiales de importancia económica y social, así como las ventajas y desventajas de la utilización de pilas y baterías en relación con el impacto ambiental o la cantidad de energía que cada una de ellas produce vinculada a los usos específicos que se les da cotidianamente.

Del mismo modo, es un tema importante a investigar, tanto desde el punto de vista bibliográfico como experimental, la composición de aguas de diversa procedencia: agua corriente de red, agua de pozo, agua mineral de diversas zonas, agua de río, agua de mar, entre otras. En este punto, es importante retomar las especificaciones que establece el Código Alimentario Argentino y proponer para el debate la importancia de la calidad del agua para diversos consumos, así como su disponibilidad en nuestro país y en el mundo, que la convierten en una sustancia estratégica desde el punto de vista económico e imprescindible desde lo social.

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

- debates en clase donde distintos grupos tengan que argumentar a favor de distintas posturas en relación con temas controversiales debiendo sostener su posición y anticipar las posibles objeciones de los otros;
- sesiones de preguntas a expertos;
- 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.

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 está 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,⁸ 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 diversos tipos de soluciones? o ¿en qué unidades se expresa la concentración?, sino preguntas del estilo, ¿cómo y por qué se puede "almacenar" energía en una pila?

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

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

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. En relación con el 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 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 Utilizar modelos, 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 Educación 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. Durante 5º año, también se trabaja con diferentes modelos para la conceptualización ácido-base.

Además de estos modelos simbólicos, se trabaja sobre modelos matemáticos para la conceptualización del equilibrio químico y de equilibrios en solución.

ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN

En este Diseño Curricular se entiende por evaluación a 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 en el tiempo que permitan dar cuenta de cómo se desarrollan los procesos de aprendizaje de los estudiantes y 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 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 con 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.

1. Para el núcleo de contenidos relativo a Química del agua un ejemplo posible es *diseñar y realizar experiencias que permitan determinar la presencia de minerales en diversas muestras de agua*. Para evaluar en qué medida los estudiantes han cumplido con este objetivo, algunos criterios podrían ser:

- expresar con palabras los pasos que debe realizar;
- justificar la secuencia experimental diseñada;
- llevar adelante mediciones en forma autónoma;
- presentar adecuadamente los resultados según los propósitos de la experiencia;
- predecir las posibles fuentes de error en la experiencia realizada y señalar como 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.

2. 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 del ácido sulfúrico en nuestro país y en el mundo*. Para 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 capaz de formularse preguntas, en forma individual o grupal que puedan luego ser investigadas;

- conocer fuentes de las cuales obtener información fidedigna;
- 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 sobre el 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 enumeran 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, entre otros);
- *La definición y/o reconocimiento de definiciones* (qué significa cantidad de sustancia, qué es una pila, qué se conoce con el nombre de indicadores, a qué se llama agua potable);
- *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 lo componen y el orden en que deben abordarse. 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 del procedimiento en una situación determinada, por la que se trata de constatar si una vez conocido el procedimiento, se logra aplicar. Por ejemplo: cómo realizar determinada experiencia o utilizar un pHmetro o preparar una solución a partir de otra dada.

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 si un lago o un río fueron afectados por algún tipo de contaminación debido a un proceso químico? ¿Qué situaciones darían indicios de la ocurrencia de este fenómeno? ¿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? ¿Se puede diseñar otro proceso químico de obtención de una determinada sustancia que sea menos contaminante o menos riesgoso? ¿De qué modo deberían tratarse las pilas en desuso?

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 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. 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. Luego de haber iniciado el trabajo con modelos durante el 2° y el 3° año del Ciclo Básico, en el Ciclo Superior de la Educación Secundaria se plantea la reflexión sobre los modelos trabajados.

- ¿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 heteronimia –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 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 de su propio desempeño como 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 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 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, que 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

- Aldobe, S., Aramendia P. y Lacreu, L., *Química 1*, Buenos Aires, Colihue, 2005.
- Aldobe, S., Aramendia P. y Lacreu, L., *Química 2*, Buenos Aires, Colihue, 2005.
- Angelini, María del Carmen y otros. *Temas de Química General*. Buenos Aires, Eudeba, 1995.
- Butler, Ian y Harrod, John, *Química Inorgánica, principios y aplicaciones*. California, Addison Wesley Iberoamericana, 1992.
- Cane, B. y Sellwood, J., *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.
- Cotton, Frank Albert; Wilkinson, Geoffrey, *Química Inorgánica Avanzada*. México, Limusa, 1998.
- – –, *Química Inorgánica Básica*. México, Limusa, 1996.
- Dickerson, Richard E., *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 M.; Myers, Rollie J., *Química: un curso universitario*. Wilmington, EUA, Addison Wesley Iberoamericana, 1990.

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 M., *Panorama histórico de la Química*. Madrid, Alhambra, 1967.
- Mason, Stephen, *Historia de las Ciencias*. Madrid, Alianza, 1985.

DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES

- Astolfi, Jean P., *Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas*. Sevilla. Diada, 2001.
- Cañal de León, Pedro, "Investigación escolar y estrategias de enseñanza por investigación", en *Investigación en la escuela*, N° 38, 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*. Barcelona, ICE Horsori, 1999.
- Gil, Daniel y otros, *La enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona, ICE/Horsori, 1991.
- Gil Pérez, Daniel, "Tres paradigmas básicos en la Enseñanza de las Ciencias" en *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 1, n°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 y Prat, Ángel, *Hablar y escribir para aprender*. Barcelona, Universidad Autónoma de Barcelona, Síntesis, 1998.
- Kaufman, Miriam y 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.
- Minnick Santa, Carol y otros, *Una didáctica de las Ciencias. Procesos y aplicaciones*. Buenos Aires, Aique, 1994.
- Nuevo Manual de la UNESCO para la enseñanza de las Ciencias*. Buenos Aires, Sudamericana, 1997.
- Perales Palacios, Javier y Cañal De León, Pedro, *Didáctica de las ciencias experimentales*. Buenos Aires, Marfil, 2000.
- Porlan, Raúl y 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.
- Pozo, Juan Ignacio y 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 y Sage, Sara, *El aprendizaje basado en problemas*. Buenos Aires, Amorrortu, 1998.

RECURSOS EN INTERNET

www.abc.gov.ar

<http://www.nuevaalejandria.com/archivos-curriculares/ciencias>

Nueva Alejandría, propuestas experimentales, curiosidades, datos históricos, planteo de situaciones problemáticas y, también, información científica actualizada para la enseñanza de la Física y la Química.

<http://www.ciencianet.com>

Ciencia Net, propuestas experimentales, curiosidades, datos históricos, planteo de situaciones problemáticas para la enseñanza de las Ciencias Naturales.

http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/cc_naturales

Recursos didácticos para la enseñanza de las temáticas de Ciencias Naturales.

<http://www.fisicanet.com.ar>

Fisicanet, Apuntes y ejercicios sobre Física y Química.

<http://www.aula21.net>

Aula 21, Enlaces con apuntes, problemáticas y actividades para el desarrollo curricular de Biología, Física y Química.

http://www.lanacion.com.ar/Archivo/nota.asp?nota_id=888146

110 sitios de ciencia en Internet. Esta página da sugerencias y links de más de un centenar de sitios educativos donde encontrar material para las propuestas de aula.

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.

<http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/>

Química Viva es una 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>.