

3  
S  
E

# CIENCIAS NATURALES

## DISEÑO CURRICULAR PARA LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 3° AÑO



Dirección General de Cultura y Educación

DCES3 Ciencias Naturales / Coordinado por Claudia Bracchi. - 1a ed. - La Plata: Dir. General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires, 2009.

108 p. ; 28x20 cm.

ISBN 978-987-1266-60-9

1. Diseño Curricular. 2. Ciencias Naturales.. I. Bracchi, Claudia , coord.

CDD 375

### **Edición y diseño**

Dirección de Producción de Contenidos

© 2008, Dirección General de Cultura y Educación  
Subsecretaría de Educación  
Calle 13 entre 56 y 57 (1900) La Plata  
Provincia de Buenos Aires

ISBN 978-987-1266-60-9

Hecho el depósito que marca la Ley N° 11.723  
dir\_contenidos@ed.gba.gov.ar

## **EQUIPO DE ESPECIALISTAS**

### **■ Coordinación**

Lic. Marina Paulozzo

### **■ Ciencias Naturales (Biología/Físico-química)**

#### **Biología**

Dr. Gabriel Gellon

Dra. Melina Furman

Experta

Lic. Laura Lacreu

#### **Físicoquímica**

Lic. Alejandra Defago

Lic. Guillermo Cutrera

Lic. Gustavo Bender

# ÍNDICE

<b>Resolución .....</b>	<b>5</b>
<b>Marco General para la Educación Secundaria .....</b>	<b>7</b>
Introducción.....	7
La Educación Secundaria del Sistema Educativo Provincial .....	7
Adquirir saberes para continuar los estudios .....	8
Fortalecer la formación de ciudadanos .....	9
Vincular la escuela con el mundo del trabajo .....	9
Fundamentos de la propuesta para la Educación Secundaria .....	10
Sobre el lenguaje y el conocimiento en la escuela .....	14
La organización técnica del Diseño Curricular para la Educación Secundaria .....	15
Principales criterios técnicos .....	16
<b>Mapa curricular del plan de estudios de 3º año.....</b>	<b>19</b>
<b>CIENCIAS NATURALES 3º AÑO (ES).....</b>	<b>21</b>
<b>La enseñanza de las Ciencias Naturales en la ES.....</b>	<b>23</b>
Imagen de ciencia e implicaciones para su enseñanza .....	24
La ciencia escolar no es la ciencia de los científicos .....	25
Sobre los modelos científicos y la ciencia escolar .....	26
<b>BIOLOGÍA</b>	
<b>La enseñanza de la Biología en el 3º año de la ES .....</b>	<b>31</b>
<b>Orientaciones didácticas .....</b>	<b>36</b>
Situaciones de lectura y escritura en Biología.....	36
Situaciones de formulación de preguntas, problemas e hipótesis .....	38
Situaciones de observación y experimentación .....	39
Situaciones de trabajo con teorías .....	41
Situaciones de debate e intercambio de conocimientos y puntos de vista .....	42
<b>Expectativas de logro .....</b>	<b>44</b>
<b>La estructura de la materia en los tres años de la ES .....</b>	<b>45</b>
<b>Organización de los contenidos .....</b>	<b>48</b>
<b>Desarrollo de los contenidos.....</b>	<b>50</b>
Unidad 1: la respuesta al medio .....	50
Expectativas de logro .....	50
Contenidos .....	50
Orientaciones para la enseñanza .....	50

Unidad 2: regulación e integración de funciones .....	54
Expectativas de logro .....	54
Contenidos .....	54
Orientaciones para la enseñanza .....	55
Unidad 3: del ADN al organismo .....	59
Expectativas de logro.....	59
Contenidos .....	59
Orientaciones para la enseñanza .....	60
<b>Orientaciones para la evaluación .....</b>	<b>65</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>66</b>

## FISICOQUÍMICA

<b>La enseñanza de la Fisicoquímica en el 3º año de la ES.....</b>	<b>69</b>
<b>Expectativas de logro .....</b>	<b>71</b>
<b>Organización de los contenidos .....</b>	<b>72</b>
<b>Desarrollo de contenidos .....</b>	<b>74</b>
Eje: la estructura de la materia .....	74
La estructura del átomo .....	74
Uniones químicas .....	75
Eje: las transformaciones de la materia .....	76
Las reacciones químicas .....	76
Las reacciones nucleares .....	<b>78</b>
Eje: los intercambios de energía .....	80
Intercambio de energía térmica .....	80
Intercambio de energía por radiación .....	83
<b>Orientaciones didácticas .....</b>	<b>85</b>
Hablar, leer y escribir en las clases de Fisicoquímica .....	85
Las fórmulas, los símbolos y las representaciones .....	87
Trabajar con problemas de Fisicoquímica .....	88
El trabajo con problemas y las investigaciones escolares .....	90
Utilizar modelos .....	94
<b>Orientaciones para la evaluación .....</b>	<b>97</b>
Relaciones entre actividades experimentales y evaluación .....	97
Criterios de evaluación .....	97
Instrumentos de evaluación .....	99
Evaluación de conceptos y procedimientos .....	99
Evaluación de modelos científicos escolares .....	100
Autoevaluación, coevaluación y evaluación mutua .....	101
<b>Bibliografía .....</b>	<b>103</b>

## RESOLUCIÓN

Visto el Expediente N° 5811-3.208.973/08; y CONSIDERANDO:

Que por la Resolución N° 318/07 se aprueba el proyecto de implementación del prediseño curricular del segundo año de la Educación Secundaria;

Que dicho proyecto constituye la prosecución de las acciones de la experiencia iniciada en el ciclo lectivo 2006 para el primer año de la Educación Secundaria;

Que la cohorte de alumnos 2006 inicia, en el ciclo lectivo 2008, el tercer año de la Educación Secundaria;

Que corresponde darle continuidad a dicha experiencia para completar las acciones ya iniciadas, dándole coherencia a las mismas y produciendo las modificaciones aconsejadas por las experiencias de los años 2006 y 2007 en el marco de los Diseños Curriculares aprobados por las Resoluciones N° 3233/06, 2495/07 y 2496/07;

Que en función de lo expuesto resulta necesario pautar las adecuaciones transitorias a la organización institucional y Plantas Orgánico Funcionales que permitan la implementación en las escuelas que participen de la experiencia;

Que las setenta y cinco escuelas que participan son las que oportunamente se nominalizaran en el Anexo 2 de la Resolución N° 318/07;

Que el Consejo General de Cultura y Educación aprobó el despacho de la Comisión de Asuntos Técnico Pedagógicos en Sesión de fecha 24-04-08 y aconseja el dictado del correspondiente acto resolutivo;

Que en uso de las facultades conferidas por el artículo 69 inc. e) y k) de la Ley 13688, resulta viable el dictado del pertinente acto resolutivo;

**Por ello**

EL DIRECTOR GENERAL DE CULTURA Y EDUCACION

RESUELVE

**ARTÍCULO 1°.** Aprobar el proyecto de implementación del Diseño Curricular del tercer año de la Educación Secundaria que obra en el Anexo 1 de la presente Resolución y consta de cuatro (4) carillas.

**ARTÍCULO 2°.** Determinar que el proyecto aprobado por el Artículo 1° se aplicará con carácter de experiencia durante el ciclo lectivo 2008 en las setenta y cinco escuelas en las que se implementó la experiencia 2007 del segundo año de la Educación Secundaria y que fueran detalladas en el Anexo 2 de la presente Resolución que consta de tres (3) carillas.

**ARTÍCULO 3°.** Establecer que en las setenta y cinco escuelas seleccionadas para su implementación se realizarán las reorganizaciones institucionales necesarias, al solo efecto de su aplicación, las que quedarán sin efecto una vez concluido el ciclo lectivo 2008 y cuyas orientaciones obran en el Anexo 3 que forma parte de la presente Resolución y consta de tres (3) carillas.

Corresponde al Expediente N° 5811-3.208.973/08

**ARTÍCULO 4°.** Determinar que las reorganizaciones de las Plantas Orgánico Funcionales mencionadas en el Artículo 3° tendrán vigencia sólo durante el período en que se desarrolle la mencionada experiencia no generando antecedentes al momento de su universalización.

**ARTÍCULO 5º.** La presente Resolución será refrendada por el señor Vicepresidente 1º del Consejo General de Cultura y Educación de este Organismo.

**ARTÍCULO 6º.** Registrar esta Resolución que será desglosada para su archivo en la Dirección de Coordinación Administrativa, la que en su lugar agregará copia autenticada de la misma; comunicar al Departamento Mesa General de Entradas y Salidas; notificar al Consejo General de Cultura y Educación; a la Subsecretaría de Educación; a la Subsecretaría Administrativa; a la Dirección Provincial de Educación de Gestión Estatal; a la Dirección Provincial de Educación de Gestión Privada; a la Dirección Provincial de Educación Inicial; a la Dirección Provincial de Educación Primaria; a la Dirección Provincial de Educación Secundaria; a la Dirección Provincial de Educación Superior y Capacitación Educativa; a la Dirección Provincial de Política Socio Educativa; a la Dirección Provincial de Educación Técnico Profesional; a la Dirección Provincial de Inspección General y por su intermedio a todas las Jefaturas Regionales y Distritales; a la Dirección de Educación de Adultos; a la Dirección de Educación Física; a la Dirección de Educación Artística; a la Dirección de Tribunales de Clasificación; a la Dirección de Asuntos Docentes; a la Dirección de Comunicación y Prensa y a la Dirección Centro de Documentación e Investigación Educativa. Cumplido, archivar.

**Resolución N° 0317/07**

# MARCO GENERAL PARA LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

## INTRODUCCIÓN

A diez años de la implementación de la Transformación del Sistema Educativo en la provincia de Buenos Aires y frente a los desafíos que implica concebir la educación del siglo XXI, la Dirección General de Cultura y Educación elaboró una nueva propuesta pedagógica para la educación de los jóvenes adolescentes bonaerenses que garantice la terminalidad de la escuela secundaria en condiciones de continuar los estudios en el Nivel Superior. Asimismo, que posibilite ingresar al mundo productivo con herramientas indispensables para transitar el ámbito laboral y ser ciudadanos en condiciones de ejercer sus derechos y deberes, hacer oír su voz con profundo respeto por las instituciones democráticas, y en la plenitud de los ejercicios de las propias prácticas sociales y culturales.

Esta nueva propuesta para el sistema educativo provincial implica un profundo cambio en la concepción político-pedagógica de los sujetos destinatarios y se plasma en una nueva organización de la Educación Secundaria que ubica este tránsito educativo como el espacio de escolaridad que atiende a sujetos púberes, adolescentes y jóvenes, y tiene como objetivo fundamental lograr la inclusión, permanencia y acreditación de la educación secundaria de todos los alumnos bonaerenses.

De esta manera, la Educación Secundaria (ES) se organiza en 6 años de escolaridad distribuidos en 3 años de Secundaria Básica y 3 años de Secundaria Superior.

## LA EDUCACIÓN SECUNDARIA DEL SISTEMA EDUCATIVO PROVINCIAL

Históricamente, el nivel secundario se constituyó como un ciclo de carácter no obligatorio y preparatorio para el ingreso a los estudios superiores, reservado para las futuras "clases dirigentes". Así nació el Bachillerato clásico, humanista y enciclopedista cuya función era seleccionar a los alumnos que estarían en condiciones de ingresar a la Universidad. A lo largo de la historia, al bachillerato clásico se fueron sumando distintas modalidades: escuelas de comercio, industriales, técnicas que otorgaban distintos títulos según la orientación. Creaciones de orientaciones y modalidades de organización y propuestas de reformas signaron la enseñanza media (o secundaria), a lo que se sumó siempre la tensión por el reconocimiento social y la validez de los títulos que otorgaba: desde las Escuelas Normales y la preparación de las maestras normales, hasta las escuelas técnicas y los conflictos para el ingreso a la Universidad.

No obstante, a medida que el sistema educativo del país, y en particular el de la provincia de Buenos Aires se fueron expandiendo y la escuela primaria absorbió a sectores tradicionalmente excluidos del sistema educativo, la secundaria se vio desbordada. De esta manera, la función selectiva y preparatoria para la que había nacido se vio sacudida por los cambios socioculturales, históricos y políticos, la expansión de la escuela primaria y el acceso de grandes masas poblacionales al nivel medio, que pondrían en cuestión este rasgo fundacional.

A la preparación para los estudios superiores se sumaron la necesidad de formar para el trabajo (objetivos que se plasmaron en las escuelas de comercio, industriales y más tarde las escuelas técnicas) y la formación integral de los ciudadanos, que se materializó en los distintos diseños curriculares humanistas y enciclopedistas, con la definición de materias que atravesaron todas las modalidades de escuela media (lengua, literatura, historia, geografía y educación cívica o educación moral, formación ética y ciudadana según la época, entre otras) y que se convirtieron en conocimientos considerados indispensables a ser transmitidos por la escuela.

Sin embargo, no fue hasta la Ley Federal de Educación (Ley N° 24.195/93) que el nivel medio (o secundario) contó con una ley orgánica para organizar el conjunto del nivel. En dicha ley, las viejas mo-

dalidades y orientaciones del secundario fueron modificadas junto con el resto del sistema educativo, dejando como segunda enseñanza los últimos tres años organizados como nivel Polimodal con distintas orientaciones. En esta transformación, los primeros dos años de la vieja estructura del secundario fueron absorbidos por la Educación General Básica. En la provincia de Buenos Aires, al igual que en muchas jurisdicciones del país, el 1º y el 2º año de la ex escuela secundaria se transformaron en los últimos dos años de una escuela primaria prolongada.

Cabe destacar que el cambio operado por la reestructuración del sistema a partir de la Ley Federal de Educación obedecía, en gran parte, al momento histórico que marcaba la necesidad de extender una educación común básica y obligatoria para todos los alumnos y las alumnas. No obstante, dicha reestructuración ligó la exigencia de ampliar la base común de conocimientos y experiencias a la modificación del sistema educativo en el cual la escuela secundaria quedó desdibujada. Es decir que a los conflictos y tensiones históricas se sumaron otros nuevos, vinculados a la creación de un ciclo que institucionalmente sumó características de la vieja escuela primaria en su vida cotidiana, pero que a la vez sostuvo viejas prácticas selectivas y expulsivas de la vieja escuela secundaria.

Comenzado el siglo XXI, y luego de diez años de implementación de la Ley Federal de Educación, la Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires entiende que es preciso reconfigurar el sistema educativo con vistas a hacer frente a los desafíos actuales y futuros de los bonaerenses, para lo cual es preciso estructurar una nueva secundaria.

Es en este sentido que, a partir de la sanción de la Ley de Educación Nacional N° 26.206, la provincia de Buenos Aires profundizó el proceso de análisis, reflexión crítica y participativa con todos los sectores sociales que derivó en la sanción de la nueva Ley de Educación Provincial N° 13.688 que, en vinculación con la LEN, define la Educación Secundaria de 6 años y obligatoria.

La nueva secundaria recoge los mandatos históricos del nivel, pero resignificados en el contexto actual y futuro de la provincia, el país, la región y el mundo.

La nueva secundaria cumple con la prolongación de la educación común y la obligatoriedad, al tiempo que respeta las características sociales, culturales y etarias del grupo destinatario, proponiendo una nueva estructura para el sistema. Esta nueva estructura tiene en el centro de sus preocupaciones el desafío de lograr la inclusión de todos los jóvenes de la Provincia para que –a partir de obtener los conocimientos y herramientas necesarias– terminen la educación obligatoria y continúen en la Educación Superior.

Para ello, se considera a la nueva secundaria como el espacio privilegiado para la educación de los adolescentes bonaerenses, un lugar que busca el reconocimiento de las prácticas juveniles y las incluye en propuestas pedagógicas que les posibilitan fortalecer su identidad, construir proyectos de futuro y acceder al acervo cultural construido por la humanidad, interpelando a los sujetos en su complejidad, en la tensión de la convivencia intergeneracional para la cual los adultos en la escuela son responsables de transmitir la cultura a las nuevas generaciones.

En consecuencia, la Educación Secundaria de seis años de duración tiene como propósitos:

- ofrecer situaciones y experiencias que permitan a los alumnos la adquisición de saberes para continuar sus estudios;
- fortalecer la formación de ciudadanos;
- vincular la escuela y el mundo del trabajo a través de una inclusión crítica y transformadora de los alumnos en el ámbito productivo.

## **Adquirir saberes para continuar los estudios**

Una de las funciones centrales de la Educación Secundaria es la de reorganizar, sistematizar y profundizar los saberes adquiridos en la Educación Primaria y avanzar en la adquisición de nuevos saberes que sienten las bases para la continuación de los estudios asegurando la inclusión, permanencia y continuidad de los alumnos en el sistema educativo provincial y nacional mediante una propuesta de

enseñanza específica, universal y obligatoria, que a la vez promueva la reflexión y comprensión del derecho de acceso al patrimonio cultural de la Provincia, el país y el mundo.

La selección de los conocimientos a ser enseñados en este nivel es un recorte de la vastedad de experiencias y saberes que forman parte de la cultura. Atendiendo a la necesidad de contar con un repertorio posible para ser enseñado en la escuela, la propuesta curricular que se presenta se dirige no sólo a que los alumnos adquieran esos saberes, sino que puedan reconocerlos como aquellos conocimientos necesarios, pero a la vez precarios, inestables y siempre cambiantes, producto del constante movimiento de la ciencia, las artes y la filosofía, al que tienen el derecho fundamental de acceder como sujetos sociales.

A su vez, la profundización y sistematización de estos conocimientos a lo largo de la escolaridad secundaria permitirán a los alumnos introducirse en el estudio sistemático de determinados campos del saber que sienten las bases para garantizar la continuidad de sus estudios y para ser sujetos de transformación social.

El plantear como finalidad la continuidad de los estudios en el Nivel Superior no tiene por única intención el éxito en el ingreso, permanencia y egreso de los estudiantes en los siguientes niveles educativos del sistema. Las experiencias pedagógicas potentes y profundas en el acceso al conocimiento de las artes, la literatura, las ciencias y otros campos de conocimiento permiten realizar mejores elecciones en el momento de decidir qué seguir estudiando.

### **Fortalecer la formación de ciudadanos**

Partiendo del reconocimiento de los alumnos de la Educación Secundaria como sujetos adolescentes y jóvenes, y considerando que es desde sus propias prácticas que se constituyen en ciudadanos, se busca provocar el reconocimiento de las prácticas juveniles y transformarlas en parte constitutiva de las experiencias pedagógicas de la escolaridad para fortalecer la identidad, la ciudadanía y la preparación para el mundo adulto, entendiendo que su inclusión en la escuela hace posible la formación de sujetos libres para expresarse, actuar y transformar la sociedad.

El trabajo sobre las propias prácticas de los sujetos, sus intereses y particularidades como un grupo fundamentalmente heterogéneo en sus historias, sus contextos y convicciones debe ser el centro de acción de la escuela; por esto, enseñar y aprender los Derechos y Deberes es condición necesaria pero no suficiente para ser ciudadano. En una sociedad compleja, signada por la desigualdad, ser ciudadano no es equiparable a la posibilidad de ejercer sus derechos, aunque esto constituye parte fundamental de su construcción. Se es ciudadano aun en las situaciones en las que el ejercicio de los derechos se ve coartado total o parcialmente, y es justamente por esa condición de ciudadano que un sujeto debe ser reconocido como parte integrante de la sociedad. A partir de ello deben considerarse las prácticas culturales de los diversos grupos, entendiendo que el sólo reconocimiento de la diversidad y la diferencia no permite avanzar en la interculturalidad: para ello es necesario intervenir y actuar en la conflictividad que implican necesariamente las relaciones sociales.

### **Vincular la escuela con el mundo del trabajo**

Gran parte de los adolescentes que asisten a las escuelas de la Provincia trabajan o han trabajado debido a las necesidades y carencias familiares a las que deben hacer frente. Sin embargo, y a pesar de su temprana incorporación al mundo productivo, los jóvenes son objeto de discriminaciones y abusos en los ámbitos del trabajo justamente por ser considerados "inexpertos", ser menores de edad y no estar contemplados en los derechos laborales y porque los adultos les asignan tareas realizar que, en la mayoría de los casos, ellos mismos no quieren realizar.

No obstante, se considera que no es función de la escuela secundaria la temprana especialización para el mundo del trabajo, sino brindar oportunidades para conocer los distintos ámbitos productivos, reflexionar sobre su constitución histórica y actual y reconocerlos como los lugares que pueden y deben ocupar y transformar. Esto implica incluir el trabajo como objeto de conocimiento que permita a los

alumnos reconocer, problematizar y cuestionar el mundo productivo en el cual están inmersos o al cual se incorporarán en breve.

Asimismo, y en concordancia con la formación de ciudadanos y la inclusión de las prácticas juveniles, es preciso reconocer los saberes del trabajo que portan los jóvenes y adolescentes para potenciar los saberes socialmente productivos que ya poseen.

El trabajo, en este sentido, debe dejar de considerarse objeto privativo de ciertas modalidades de la secundaria y convertirse en un concepto estructurante de la nueva Educación Secundaria provincial para que "trabajar o estudiar" no se transformen en decisiones excluyentes. Los jóvenes bonaerenses tienen que contar con un tránsito formativo que les permita conocer, problematizar y profundizar los conocimientos para tomar decisiones futuras sobre la continuidad de estudios y su inserción en el mundo productivo.

En función de avanzar en la construcción de la nueva secundaria del sistema educativo provincial se ha elaborado una nueva propuesta de enseñanza que se concreta en el presente Diseño Curricular. Se espera que el mismo actúe como un instrumento de acción para los docentes, directivos y para las diversas instancias de asesoramiento y supervisión de las escuelas, y se constituya en un documento público para alumnos y padres respecto de las definiciones educativas del nivel.

El currículum que aquí se presenta constituye, por otro lado, un programa de acción para los próximos años que, en un lapso no mayor a cinco años, deberá evaluarse, ajustarse y modificarse.

## FUNDAMENTOS DE LA PROPUESTA PARA LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

Toda propuesta de enseñanza lleva implícitos o explícitos fundamentos pedagógicos que le otorgan cohesión, coherencia y pertinencia. En este Diseño Curricular se decide hacerlos explícitos, entendiendo que cada una de las decisiones que se tomaron en la elaboración del presente currículum están ancladas en una determinada concepción de lo educativo.

En este Diseño Curricular se parte de concebir al Currículum como la síntesis de elementos culturales (conocimientos, valores, costumbres, creencias, hábitos) que conforman una propuesta político-educativa (De Alba; 2002). Esta definición implica entonces que el currículum es una propuesta histórica, cultural, social y políticamente contextualizada y, por lo tanto, producto de un devenir histórico. De la misma manera, entonces, dicha propuesta a la vez que presenta su potencialidad transformadora, presenta sus límites y por lo tanto la futura necesidad de ser modificada.

Asimismo, esta concepción abarca no sólo la prescripción que se realiza en el documento curricular, sino que incorpora las prácticas concretas de todos los actores educativos vinculados a través de las distintas instancias del sistema.

No obstante, el documento curricular reviste un carácter fundamental en tanto propuesta de trabajo que requiere de cambios en las prácticas institucionales y, por lo tanto, constituye un desafío a futuro, una apuesta a transformar la enseñanza y mejorar los aprendizajes de los alumnos de las escuelas.

Dicha síntesis cultural ha sido conceptualizada para este Diseño Curricular en algunos elementos que se articulan entre sí, originando el contorno dentro del cual se inscriben las decisiones de enfoque, selección y organización de los contenidos de cada materia para su enseñanza.

La trama conceptual que aquí se presenta responde a la necesidad de elaborar una propuesta para la educación de jóvenes, por lo que compromete a sujetos en interacción y los productos de estos vínculos e intercambios. Por otra parte, significa contextualizarla en la vastedad del territorio bonaerense y, al mismo tiempo, en la institución escolar.

En este sentido, definir un currículum para los jóvenes bonaerenses implica tanto tomar decisiones acerca del conjunto de saberes, conocimientos y recortes disciplinares que deberán realizarse, como definir las condiciones en las que deberán ser enseñados. Se pretende constituir un espacio que re-

conozca y aproveche las prácticas juveniles, los saberes socialmente aprendidos, para potenciar las enseñanzas y los aprendizajes.

Por ende, una de las concepciones que fundamentan este tránsito educativo es la asunción de los niños, adolescentes y jóvenes como sujetos de derecho. Es dentro de este paradigma de interpretación de los actores sociales que se piensa y se interpela al joven como un actor completo, un sujeto pleno, con derechos y capacidad de ejercer y construir ciudadanía.

La *ciudadanía* se sitúa, de este modo, como un primer concepto clave en esta propuesta político-educativa y es entendida como el producto de los vínculos entre las personas, y por lo tanto conflictiva, ya que las relaciones sociales en comunidad lo son. De este modo, se recuperan las prácticas cotidianas –juveniles, pedagógicas, escolares y/o institucionales– que podrán ser interpeladas desde otros lugares sociales al reconocer las tensiones que llevan implícitas. Una ciudadanía que se construye, desarrolla y ejerce tanto dentro como fuera de la escuela: al aprender, expresarse, educarse, organizarse y vincularse con otros jóvenes y otras generaciones.

En ocasiones, en la escuela se ha trabajado desde una representación del ciudadano “aislado”, fuera de otras determinaciones que no sean las propias capacidades, una representación de ciudadano que puede ejercer su ciudadanía en una sociedad ideal, sin conflictos ni contradicciones, y por ende, sin atravesamientos de poder ni resistencias. Es la ilusión de sujetos que únicamente necesitan “aprender a ser ciudadanos”, para que les esté garantizado el ejercicio de su ciudadanía. Por otra parte, desde esta perspectiva, también se refuerza la idea de que es principalmente en su tránsito por la escuela donde los niños y jóvenes se “transforman en ciudadanos”, cuando la sociedad se sostiene en muchas otras instituciones que deben integrarse en la construcción de ciudadanía.

Resignificar estas concepciones implica desandar esta definición estática de la ciudadanía, para pasar a trabajar en las escuelas con una ciudadanía activa, que se enseña y se aprende como práctica y ejercicio de poder, y no sólo como abstracción.

Trabajar con y desde la ciudadanía activa implica, en consecuencia, centrarse en un segundo concepto clave en la presente propuesta: *interculturalidad*. Pensar desde la perspectiva de la interculturalidad implica entender que la ciudadanía se ejerce desde las prácticas particulares de grupos y sujetos sociales. Estas prácticas ciudadanas, entonces, ponen al descubierto la trama de las relaciones sociales y por lo tanto la conflictividad de las interacciones. Asimismo, desde la perspectiva que se adopta en este Diseño Curricular, esta noción se entrelaza con la concepción de ciudadanía para enfrentar los desafíos que implica educar en un contexto de diversidad cultural, diferencia social y desigualdad económica, y actuar en el terreno de las relaciones sociales entendidas como producto del conflicto y no de la pasividad de la convivencia de los distintos grupos sociales y culturales.

---

La interculturalidad es, como señala Canadell, ante todo, una actitud, una manera de percibirse uno mismo y la propia cultura como partes integrantes de un complejo interrelacionado que llamamos mundo. Toda cultura se fundamenta en una manera de estar en el mundo y de percibirlo. Esta experiencia constituye la base de nuestros pensamientos sobre la realidad (Canadell; 2001). Por ello, una cultura no es solamente una manera particular de entenderla, sino una realidad propia. Así, decimos que la interculturalidad consiste en entrar en otra experiencia del mundo.<sup>1</sup>

Cada cultura pregunta y responde desde su contexto y desde su sensibilidad, construyendo un ámbito de significación propio.

<sup>1</sup> DGCyE, Dirección de Primaria Básica, Subdirección Planes, Programas y Proyectos, *Consideraciones acerca de la interculturalidad. Implicancias y desafíos para la educación de la Provincia*. La Plata, DGCyE, 2006.

---

La interculturalidad implica reconocer el valor único de cada interpretación del mundo. La actitud intercultural en la educación consiste pues, en crear la conciencia de la interrelación entre persona y entorno, y entre los diversos universos culturales; significa, adoptar como categoría básica del conocimiento la relación.<sup>2</sup>

La escuela trabaja como una institución social con voluntad inclusora e integradora, y con capacidad para albergar proyectos de futuro, aun en los contextos más críticos. Las diversas experiencias educativas desarrolladas en la provincia intentan hallar códigos y significados que encuentren nuevos sentidos a su tarea.

La interculturalidad como concepción y posicionamiento en este Diseño Curricular significa el tratamiento de la diversidad, las visiones de y sobre los otros en los escenarios escolares, los desafíos e implicancias para una pedagogía intercultural, sus límites y potencialidades para la acción escolar.

La primera premisa es: somos y nos constituimos en "sujetos en relación con otros".

En cada escuela y en cada aula, la experiencia educativa se desarrolla en la diversidad, la desigualdad y la diferencia. Su tratamiento dependerá del carácter de las intervenciones y las creencias y valores que las sustentan, es decir, de cómo cada sujeto e institución, crea la imagen de esos otros con los que deben compartir espacios y momentos, y cómo esa imagen repercute en el vínculo pedagógico y social que se crea entre ellos.

---

La visión de y sobre los otros define los principales objetivos y contenidos de la escuela, define la enseñanza, la interpretación de las causas de las dificultades escolares y sus posibles soluciones. En consecuencia, genera diversas prácticas educativas, según lo que se considere que es la misión o finalidad de la escuela, y por ende, qué deben hacer los y las docentes, condicionando las ideas sobre por qué aprenden o no aprenden los alumnos/as y en este caso, cómo solucionarlo.<sup>3</sup>

Las diferentes representaciones de y sobre los otros producen respuestas institucionales. Por ejemplo, la asimilación de los otros desde una mirada uniformizante y homogeneizante ha sido una de las respuestas históricas que el sistema educativo ha dado a la diversidad. La asimilación, y no la aceptación de la diferencia, ha traído como consecuencia la anulación, la negación o la invisibilidad de otras prácticas culturales, saberes y experiencias para la imposición de aquello que se considera "superior" o ha logrado instalarse como legítimo.

Otra visión estereotipante es aquella que lee las desigualdades sociales y económicas como diversidades culturales, confundiendo diversidad con desigualdad. Emparentar "diversidad" con "desigualdad", legitima la reproducción de la exclusión y sus consecuencias didácticas se manifiestan, entre otras formas, en el tratamiento diferenciado de los contenidos curriculares. Separar diversidad y desigualdad implica un acto de reconocimiento de que existen prácticas que no son producto de la diversidad de los grupos, sino consecuencias de las desigualdades sociales y económicas, y que dichas desigualdades no sólo no ameritan un tratamiento diferenciado de los contenidos, sino que implican como decisión fundamental concebir que todos tienen el derecho al acceso, la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos que transmite la escuela.

En este sentido, se cuestionan la idea de "tolerancia" –porque implicaría aceptar y compartir con los otros, diferentes, diversos, siempre y cuando nadie cambie de lugar– y la idea de "riesgo educativo", que define el lugar recortado de esos otros que son tolerados. Por lo tanto, las condiciones en las que se producen los procesos institucionales de enseñanza y aprendizaje se ven afectadas para todos los alumnos/as y no sólo los que están supuestamente en riesgo, los que son "tolerados".

Concebir a la escuela como lugar de inclusión de los alumnos, como sujetos de diversidad, afecta directamente la concepción y producción pedagógico-didáctica.

<sup>2</sup> Ibidem, p. 13.

<sup>3</sup> Ibidem, p. 13.

La escuela es uno de los espacios públicos en los que se realizan políticas de reconocimiento. Constituye ese lugar de encuentro intercultural y esto implica:

- generar experiencias de integración e intercambio;
- definir los conocimientos que circulan en cada contexto intercultural en términos escolares;
- valorar la interacción con otros diferentes como productora de aprendizajes;
- reconocer los saberes que posee cada sujeto como instrumento y producto del vínculo con los otros;
- capitalizar la presencia de la diversidad cultural en toda situación educativa y no sólo en algunos grupos;
- crear vínculos entre los sujetos que aseguren que su diversidad y sus diferencias no devengan en desigualdad educativa.

Dichos enunciados acerca de las prácticas escolares, la ciudadanía y la interculturalidad implican reconocer la noción de *sujetos sociales* como el tercer concepto clave para la presente propuesta curricular. En este sentido, tener en cuenta que las prácticas escolares son prácticas que ponen en relación a personas adultas, jóvenes y adolescentes en sus condiciones de docentes y alumnos respectivamente.

En este apartado se ha hecho mención a las particularidades que asumen las prácticas culturales refiriéndose particularmente a los jóvenes. Sin embargo, es preciso recomponer dichos enunciados para dar cuenta de ciertos aspectos fundamentales del Diseño Curricular. En primer lugar, los sujetos sólo pueden intervenir activamente en una relación comunicativa si los otros los reconocen como "portadores" de cultura, valores, hábitos y saberes que son necesarios confrontar con otro grupo de valores y hábitos, como es el que se plantea en la escuela. En este sentido, en la escuela las relaciones comunicativas, por excelencia, son la de enseñanza y la de aprendizaje.

A lo largo de la historia de la educación se han forjado representaciones e imaginarios acerca de los jóvenes y sus prácticas y específicamente de los adolescentes como alumnos/as de la escuela. En estos imaginarios, pueden reconocerse ciertas concepciones que provocan consecuencias en dichos procesos comunicativos.

Así, concebir a los adolescentes como un grupo homogéneo que comparte ciertas características generales propias de su edad acarrió prácticas de selección y discriminación hacia aquellos sujetos que no se comportaban según lo esperado. La idea de la existencia de sujetos "diferentes" en la escuela casi siempre fue considerada en términos negativos: la diferencia era respecto al "modelo ideal" de adolescente, joven y alumno.

Por otra parte, estos "modelos ideales" fueron y son siempre considerados desde un determinado punto de vista: el de los adultos, y esto implica entonces que las diferencias respecto del "ser joven" se establecen tomando como punto comparativo al adulto al cual se lo concibe como la forma más acabada de ser sujeto. Por lo tanto, los adolescentes y jóvenes sólo son interpelados desde lo que les falta para ser adultos: falta de madurez, de hábitos, de cultura, entre otras posibles.

Sin embargo, en la actualidad, los jóvenes y adolescentes expresan cada vez con más fuerza, y en muchos casos con violencia, que no están vacíos: tienen hábitos, prácticas culturales y valores, aunque no sean los que se sostienen en la escuela; y sus expresiones son resistentes y dadoras de identidad al punto de resistir a la imposición de los otros, y a lo que propone la escuela. En este sentido, la escuela sólo le exige al joven su ubicación de alumno y no como joven y adolescente.

No obstante, los estudios de juventud, en relación con la escuela media, muestran que para la mayoría de los jóvenes la escuela es un lugar importante, está muy presente en sus vidas y tiene varios sentidos. Allí, se practica no sólo la relación con los pares generacionales, sino entre los géneros y con otras generaciones, clases y etnias.

A su vez, es la institución que porta el mandato de transmitir a las nuevas generaciones los modelos previos, y no sólo los previos recientes, sino los de hace largo tiempo: se enseña el conocimiento acumulado socialmente, es decir, lo producido por otras generaciones, lo que implica poner en tensión a las generaciones que se relacionan en su ámbito.

La escuela es una institución de relaciones intergeneracionales y les corresponde a los adultos tomar la responsabilidad de la transmisión en su función de docentes, función para lo cual es necesario sostener la ley, mostrando cómo se conoce, a qué normas estamos sometidos y de qué manera intervenimos en ellas como sujetos sociales; ser modelo de identificación. Esto es posible sólo si se descubren los saberes y los no saberes del docente, su placer por el conocimiento; y permitir a los otros fortalecer su identidad, construir nuevos lazos sociales y afianzar los vínculos afectivos. Sólo la convicción del valor social y cultural con que el docente invierte los conocimientos que transmite, transforma aquello que muchas veces, desde la perspectiva de los adolescentes y jóvenes, es un sin sentido en un sentido: la presente propuesta curricular se propone enseñar aquello a lo cual no podrían acceder de otra manera. Los y las docentes asumen la tarea de enseñar como un acto intencional, como decisión política y fundamentalmente ética.

## Sobre el lenguaje y el conocimiento en la escuela

El lenguaje es la forma en que los sujetos sociales se expresan, conocen y se reconocen y construyen visiones de mundo.

En este sentido, la escuela incluye sujetos alumnos, docentes, padres, que se expresan a través de distintos lenguajes, propios de la diversidad de hablas, de grupos culturales que deben ser reconocidos en su singularidad y en relación con los demás grupos.

La escuela organiza la experiencia pedagógica a través de materias que recortan un conjunto de conocimientos que provienen de distintos campos: las ciencias, las artes, la educación física, la lengua nacional y las extranjeras. Y estos campos son modos de comprender y pensar el mundo y de constituir sujetos sociales. Las artes, la ciencia y la filosofía, entre otros, pueden de esta manera concebirse como lenguajes a través de los cuales se fortalecen las identidades.

Sin embargo, estos conocimientos que la escuela decide enseñar, legar a las nuevas generaciones requieren de una tarea específica para su transmisión sistemática, para lograr la apropiación de todos los alumnos que concurren a la escuela: esa tarea es la enseñanza.

En este sentido, el lenguaje de la enseñanza debe tener intención de provocar pensamiento ya que esta provocación es el camino de acceso al conocimiento. Cuando el lenguaje de la enseñanza no se entiende, se traza una línea que marca el adentro y el afuera, el "nosotros" y el "los otros".

Cuando el lenguaje de la enseñanza no tiene por intención provocar pensamiento, el acceso a los saberes se ve cercenado a aquellos que comparten ese lenguaje y los que quedan afuera se transforman en los diversos, en los que por hablar otros lenguajes no comprenden el de la escuela y muchas veces "fracasan".

Las diferencias de lenguajes están íntimamente ligadas a las diferencias culturales, pero estas diferencias no deben minimizarse. No basta con hacer un discurso de elogio a la diversidad cultural para asegurarse el éxito escolar de todos los sujetos.

---

La "formación escolar" –la que la Escuela pretende dar, la que se puede adquirir en ella– debe hacer entrar a las jóvenes generaciones en las obras de que se compone la sociedad. (Chevallard, 1996).

La creación de saberes es, casi siempre, cosa de unos pocos. Y la transposición de saberes es cosa de una sociedad, y no es una simple transferencia –como se hace con las mercancías – sino, cada vez, nueva creación. El aggiornamento de la Escuela requiere una movilización formidable de energías y competencias: por parte de los maestros, políticos, "sabios", didácticos, y también por parte de la gente que debe reunirse bajo un lema esencial: Saberes para la Escuela. (Chevallard, 1996).

En ese sentido, la historia de la escolaridad obligatoria, gratuita y pública de fines del siglo XIX hasta hoy, tuvo en nuestro país como principal tendencia equiparar igualdad y homogeneidad.

La negación de las diferencias buscaba la construcción de la identidad nacional, unificar el idioma frente a la inmigración, crear la "cultura nacional", poblar; todas cuestiones que formaban parte del

proyecto político de la Generación del 80. En ese momento la negación de las diferencias provino de la búsqueda de progreso. Por lo tanto, podría afirmarse que el ocultamiento de las diferencias no siempre estuvo al servicio de la desigualdad: la escuela de la Ley 1.420 logró, hacia mediados de siglo XX, uno de los niveles más altos de escolarización de Latinoamérica.

De la misma manera, el reconocimiento de las diferencias no siempre estuvo ligado a la justicia social. La historia y las condiciones socioculturales contextualizan las diferentes intencionalidades que, con respecto a la diversidad, la desigualdad y la diferencia, han tenido las sociedades humanas.

En este Diseño Curricular se define un recorte de saberes que permite a los docentes producir y comunicar ideas, pensamientos y experiencias para que los jóvenes también alcancen este tipo de producción y puedan expresarlo en la escuela.

Dicho recorte de saberes y conocimientos realizados –la síntesis cultural, tal como se mencionara anteriormente– se encuentra a su vez en tensión. Entre la obligación, como generación adulta, de elegir la herencia cultural que será obligatoria a través de la escuela y el reconocimiento de la diversidad de grupos culturales a los cuales realiza el legado. Esta tensión también puede expresarse entre la igualdad de acceso al patrimonio cultural de la humanidad y el respeto a la heterogeneidad de sujetos y grupos sociales y culturales y, a su vez, como tensión intergeneracional.

En el apartado que sigue se desarrollan las bases para el currículo del Ciclo Básico de la Secundaria y en una etapa próxima se hará respecto del Ciclo Superior. Es preciso dejar claro que esta división de la Escuela Secundaria en dos ciclos responde a la centralidad que se le otorga a los sujetos, los alumnos, antes que a aspectos meramente técnicos. La Escuela Secundaria está dividida en dos ciclos porque recibe niños que ingresan a la adolescencia y devuelve a la sociedad, seis años después, ciudadanos que deberán ejercer plenamente sus deberes y derechos. En el ingreso y en el egreso es necesario respetar rituales, sentimientos, representaciones de los adolescentes y jóvenes. Durante el transcurso de los dos ciclos de la Educación Secundaria se garantiza la continuidad curricular, a la vez que la diferenciación relativa de los objetivos de cada uno.

## LA ORGANIZACIÓN TÉCNICA DEL DISEÑO CURRICULAR PARA LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

El Diseño Curricular del Ciclo Básico de la Secundaria se orienta hacia la búsqueda y la propuesta de soluciones pedagógicas, institucionales y didácticas para la compleja relación de los adolescentes con el aprendizaje, en su pasaje de la infancia a la adolescencia, respecto a la función de los nuevos saberes en la búsqueda de su identidad juvenil. En ese marco, atender los problemas de la exclusión y el fracaso es la preocupación central y el objetivo prioritario. Esto implica dar cuenta, tanto en el enfoque de enseñanza como en los contenidos (su selección y enunciación), de aquello que debe suceder, de qué manera se va a utilizar lo que los adolescentes ya saben, aun cuando no sea lo esperable para un alumno que ingresa a 3° año de la ES, y el tipo de prácticas de enseñanza y evaluación que vayan en dirección al cumplimiento de la inclusión en una propuesta educativa exigente.

Hacer un diagnóstico de lo que no saben y confirmar o proponer sólo los cortes y rupturas que implican entrar a la ES, puede dar lugar a la ubicación de los alumnos/as en el lugar del fracaso si el diagnóstico es sólo dar cuenta de lo que no pueden. Trabajar desde lo que se sabe, y no desde lo que se ignora, propone una enseñanza que articule los saberes de los sujetos con los conocimientos y saberes que el Diseño Curricular prescribe como mínimos, pero no como límite.

Por su parte, la dimensión normativa del Diseño Curricular tiene valor de compromiso como lugar en donde se prescribe lo que hay que enseñar y cómo hay que hacerlo para garantizar los propósitos del ciclo y, por lo tanto, es el lugar al que debe volverse para controlar, garantizar, evaluar si se está cumpliendo y para realizar los ajustes necesarios para optimizar su implementación. El Diseño Curricular tiene valor de ley.

Este mismo compromiso y esta legalidad deben portar también su naturaleza efímera. La validez y la pertinencia científica, así como la social, exigen que se le ponga límite a la vigencia del Diseño. Los alumnos merecen acceder a una cultura siempre actualizada. En este caso, se ha decidido que esta

vigencia se ajuste y se renueve cada cinco años porque se espera que en ese lapso la propuesta sea superada porque los alumnos sepan más y mejores cosas que permitan o exijan la modificación del Diseño y porque acontezcan otras cuestiones en los campos del saber y de la cultura.

En otros términos, el Diseño Curricular es una propuesta de trabajo a futuro que prescribe un horizonte de llegada, no de partida, para lo cual es imprescindible realizar revisiones constantes en las prácticas institucionales de directores/as y docentes, en las prácticas de supervisión y de asesoramiento y en la conducción del sistema en el nivel central.

## Principales criterios técnicos

Las decisiones técnicas sobre el Diseño surgen de la información relevada para producir el Prediseño Curricular, que incluyó el posterior monitoreo y la asistencia técnica para su implementación. En este proceso, también deben contemplarse el trabajo de escritura que realizaron los autores y el aporte de lectores expertos. Como es propio de este tipo de construcción, se produjeron tensiones entre lo que demandó cada uno de estos actores: qué se escribe, qué no se escribe, cuáles son los criterios correctos o deseables desde la disciplina a enseñar desde su didáctica, qué prácticas docentes caracterizan la enseñanza en el nivel educativo, cuál es el alejamiento que produce la lectura de "marcas de innovación" en el texto curricular, fueron preguntas que atravesaron el proceso de producción curricular. Así, las decisiones técnicas a las que se arribó son las siguientes:

- Las conceptualizaciones y los paradigmas, que en diseños anteriores constituían los ejes transversales, se presentan ahora como fundamentos para orientar los componentes que constituyen el Diseño Curricular. Son las líneas de pensamiento que comprometen la concepción de educación en su conjunto y que se encuentran en la orientación, el enfoque y la selección de los contenidos de cada una de las materias que componen el currículum.
- Las materias que componen el currículum de la ES están organizadas en disciplinas escolares. Esto quiere decir que son definiciones de temas, problemas, conocimientos que se agrupan y se prescriben con el propósito de ser enseñados en la escuela. Por fuera de este ámbito, dicho recorte, selección y organización, no existiría.
- Para algunas materias la denominación coincide con la denominación de una ciencia, de una disciplina científica, como es el caso de Matemática. En otras, las denominaciones no responden a ninguna denominación vinculada a la ciencia, sino a algún ámbito o campo de conocimiento como ocurre en Educación Física, Educación Artística e Inglés. En el caso de Prácticas del Lenguaje se parte de la lengua como ámbito o campo de conocimientos, pero se lo denomina a partir del enfoque para su enseñanza, es decir, el nombre de la materia responde a su organización escolar.
- La denominación "área" o "disciplina" no se considera para este Diseño Curricular, ya que la denominación disciplinar responde a motivos epistemológicos y la areal a motivos organizacionales y, por lo tanto, no constituyen una tensión real sobre la cual sea preciso tomar una decisión técnico-curricular. En ambos casos, se trata de materias (asignaturas) que expresan, a partir de su denominación, el recorte temático para su enseñanza realizado de la disciplina o las disciplinas que las componen.
- Al interior de cada materia aparecen diferentes componentes organizadores de contenidos.
  - Los ejes aparecen como organizadores que ordenan núcleos temáticos con criterios que se explicitan y que se vinculan con el enfoque que para la enseñanza se ha definido para cada materia.
  - Los núcleos temáticos aparecen como sintetizadores de grupos de contenidos que guardan relación entre sí.
- Para cada materia se definió una organización específica de acuerdo con el recorte temático en vinculación con la orientación didáctica, de manera tal que la definición de contenidos no sería la misma si se modificara el enfoque de la enseñanza. Como consecuencia de tal imbricación, cada materia definió su estructura, diferente de las otras ya que, desde este criterio, no podría homogeneizarse la manera de diseñar cada tránsito educativo.

- A nivel nacional se define como estructura curricular básica una matriz abierta que permite organizar y distribuir en el tiempo los contenidos a enseñar en un tramo del sistema educativo, de acuerdo con reglas comprensibles. Cabe señalarse que dicha estructura no agota el Diseño, sino que organiza parte del plan de estudios.
- Como estructura curricular de este Diseño se decidieron algunas categorías de organización para todas las materias, pero que no comprometen ni ejercen influencia para la definición de su estructura interna. Dichas categorías son:
  - La enseñanza de la materia en la Educación Secundaria Básica.
  - Expectativas de logro de la materia para 3° año.
  - Estructura de organización de los contenidos.
  - Orientaciones didácticas.
  - Orientaciones para la evaluación.
- Las expectativas de logro siguen siendo el componente que expresa los objetivos de aprendizaje. En este Diseño se definen para 3° año (ES) y por materia. Describen lo que debe aprender cada alumno/a alcanzando niveles de definición específicos, de manera tal que se vinculen claramente con los contenidos, las orientaciones didácticas y las orientaciones para la evaluación en cada materia.
- Las orientaciones didácticas sirven de base para la definición de logros de enseñanza que se vinculan con las expectativas con respecto a los aprendizajes, con el objeto de resaltar la relación de dependencia entre los desempeños de los docentes y de los alumnos.
- La vinculación entre los contenidos y las orientaciones didácticas se define a partir de conceptualizar que la manera de enunciar los primeros condiciona las segundas. Es decir, el modo en que se presentan los contenidos da cuenta de cómo deben ser enseñados. De esta manera, se ha buscado especificar el trabajo que se espera con cada bloque de contenidos para lo cual se ha decidido incluir ejemplos y propuestas.
- La vinculación de las orientaciones para la evaluación con las orientaciones didácticas y con las expectativas de logro (tanto de enseñanza como de aprendizaje) tiene por intención alcanzar precisión con respecto a la relación entre los alcances obtenidos por los alumnos durante el proceso de aprendizaje y los alcances de las propuestas realizadas por los docentes durante el proceso de enseñanza.
- La vinculación de las orientaciones para la evaluación con las expectativas de logro (tanto de enseñanza como de aprendizaje) y con los contenidos, también tiene por intención constituirse en instrumento para la conducción y la supervisión institucional, tanto de directores como de supervisores.
- Las decisiones que se tomaron para el diseño de cada materia, en cuanto a cada uno de sus componentes, especialmente para con los ejes, los núcleos temáticos y los contenidos se confrontan con el tiempo teórico disponible para la enseñanza, que se obtiene de la multiplicación de las horas semanales de cada materia por el total de semanas en nueve meses de clases. Dicha carga horaria total ideal/formal funcionó como otro parámetro de ajuste "cuali-cuantitativo" de la organización curricular de cada materia.
- El currículum diseñado se define como prescriptivo, paradigmático y relacional.
  - Prescriptivo, porque cada materia define los contenidos que deberán enseñarse en el año teniendo en cuenta la articulación conceptual definida como fundamento y dirección en el marco teórico inicial.
  - Paradigmático, porque como fundamento y toma de posición se definen categorías que orientan, articulan y dan dirección a las nociones y conceptos que se usan en todas y cada una de las materias y que se consideran definitorias para la propuesta educativa del nivel.
  - Relacional, porque las nociones elegidas guardan vínculos de pertinencia y coherencia entre sí.



# MAPA CURRICULAR DEL PLAN DE ESTUDIOS DE 3º AÑO

CIENCIAS NATURALES	BIOLOGÍA	UNIDADES			MODOS DE PENSAMIENTO		
		1. La respuesta del medio	Nivel del Organismo	Nivel del Ecosistema	Nivel Celular	<b>NUCLEOS SINTÉTICOS DE CONTENIDOS</b> • La estructura del átomo – Uniones químicas • Las reacciones químicas – Las reacciones nucleares • Intercambio de energía por radiación – Intercambio de energía térmica	
2. La regulación e integración de funciones							
3. Reproducción							
3. Del ADN al organismo							
FÍSICOQUÍMICA	<b>EJES TEMÁTICOS</b>						
	La estructura de la materia						
	Las transformaciones de la materia						
	Los intercambios de energía						

## ESTRUCTURA CURRICULAR

3º AÑO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA	
Biología	2 módulos semanales
Físicoquímica	2 módulos semanales



# CIENCIAS NATURALES

3º AÑO (ES)





# LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES EN LA ES

Este Diseño Curricular concibe a la enseñanza de las materias de Ciencias Naturales en la ES como un planteo que dinamiza y enriquece los intereses y experiencias de los alumnos y les permite construir herramientas para preguntarse y preguntar sobre cuestiones vinculadas a los fenómenos naturales y los objetos tecnológicos, y construir explicaciones adecuadas a partir de tender un puente entre su conocimiento y los modelos y teorías científicos vigentes.

Las Ciencias Naturales aportan sus teorías y sus metodologías a la comprensión de los fenómenos naturales, y constituyen una de las formas de construcción de conocimiento que impregnan la cultura de una época y una sociedad. Actualmente, la sociedad está atravesada por la producción de conocimientos científicos y tecnológicos que impactan profundamente en las vidas de las personas. Por esto, el ejercicio de la ciudadanía, como uno de los fines de la ES pasa también, entre otras múltiples dimensiones, por ser capaz de valorar y evaluar tecnologías y conocimientos científicos y comprender su significado, impacto, riesgos y beneficios. Así, en la vida en democracia, un ciudadano debe estar en condiciones de formar juicios propios, tomar posición, emitir opiniones y eventualmente tomar decisiones que requieren de un conocimiento de ciencias y acerca de las ciencias y que, a su vez, afectan a la producción misma de conocimiento científico. Por ejemplo, ¿qué política energética se debe adoptar? ¿Cuáles deberán ser las políticas en materia de salud pública? ¿Cuánto y cómo deberá financiarse la investigación científica, y qué temas serán prioritarios?

Tomar posición en estos y otros casos se traduce en la necesidad de incorporar en la educación actual una dimensión dedicada a la alfabetización científica<sup>1</sup> (Fourez, 1988). La alfabetización científica constituye una metáfora de la alfabetización tradicional, entendida como una estrategia orientada a lograr que la población adquiera cierto nivel de conocimientos de ciencias 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 tanto el conocimiento científico no aporta soluciones para todos los problemas, ni todos los conflictos pueden resolverse sólo desde esta óptica. La alfabetización científica consiste no sólo en conocer conceptos y teorías de las diferentes disciplinas, sino también en entender a la ciencia como actividad humana en la que las personas se involucran, dudan y desconfían de lo que parece obvio, formulan conjeturas, confrontan ideas y buscan consensos, elaboran modelos explicativos que contrastan empíricamente, avanzan pero también vuelven sobre sus pasos, revisan críticamente sus convicciones. En este sentido, una persona científicamente alfabetizada deberá interiorizarse 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, deberá 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 que está inmersa.

El acceso a los conceptos, procedimientos y explicaciones propias de las ciencias no es sólo una necesidad para los alumnos durante su escolarización, por lo que implica respecto de su formación presente y futura, sino también un derecho. La escuela debe garantizar que este campo de conocimientos que la humanidad ha construido a lo largo de la historia, para dar cuenta de los fenómenos del mundo natural, se ponga en circulación dentro de las aulas, se comparta, se recree y se distribuya democráticamente.

<sup>1</sup> Fourez, G., *Alfabetización científica y tecnológica*. Buenos Aires, Colihue, 1998.

En este sentido, la escuela no forma científicos, sino ciudadanos, como uno de los fines de la Educación Secundaria, que tienen el derecho de acceder a información actualizada y posibilidades de seguir estudiando. En este nivel de la escolarización, común y obligatoria, el docente deberá procurar que, junto con la apropiación de los contenidos de la materia, los estudiantes adquieran herramientas que les permitan construir conocimiento y desarrollar capacidades para el aprendizaje autónomo, a partir del trabajo conjunto de alumnos y docentes en la comunidad de enseñanza y aprendizaje que es el aula.

Desde esta perspectiva, enseñar ciencias no es exclusivamente transmitir información. Se enseña ciencias para ayudar a los alumnos a comprender el mundo que los rodea y para aportarles estrategias de pensamiento y de acción que les permitan operar sobre él para conocerlo y transformarlo. Este tipo de enseñanza requiere que el docente promueva una permanente referencia a la relación entre los fenómenos del mundo natural y las teorías que lo modelizan.

Las clases de Ciencias Naturales deben estar pensadas, por lo tanto, en función de crear ambientes propicios para estos logros. En las aulas se debe establecer una comunidad de enseñanza y de aprendizaje en la que los alumnos sean capaces de construir conceptos y procedimientos científicos. Sin embargo, el docente deberá tener presente que la ciencia escolar no es la ciencia de los científicos sino –como se desarrolla en este apartado– una versión transpuesta para su uso en los ámbitos escolares. Un ambiente de enseñanza/aprendizaje adecuado será aquel que favorezca que los alumnos puedan recorrer el camino desde sus saberes previos a los nuevos conocimientos que consisten en versiones escolares de los modelos y teorías científicas. La ciencia, tal como los alumnos la reconstruyen durante la escolaridad, es un puente entre el conocimiento cotidiano con el que ellos dan sentido habitualmente al mundo y los modelos y marcos teóricos desde los cuales la comunidad científica interpreta y analiza la realidad.

La apropiación de los conceptos o los procedimientos del quehacer científico se va dando de manera recursiva, con progresos, pausas y retrocesos, no es instantánea ni lineal.

La comprensión de los modelos teóricos que la ciencia plantea, con sus generalizaciones y su alto grado de abstracción, es el resultado de un proceso largo y trabajoso que el alumno habrá de transitar mediante aproximaciones sucesivas y progresivas a lo largo de toda su escolaridad.

## IMAGEN DE CIENCIA E IMPLICACIONES PARA SU ENSEÑANZA

La ciencia en la escuela busca formar no sólo ciudadanos competentes en cuestiones científicas o conocedores de ideas de ciencias, sino también sujetos críticos respecto del quehacer científico.

En este Diseño se concibe a la ciencia como una actividad humana, determinada por su contexto sociohistórico y caracterizada por un modo particular de generar conocimiento.

Abordar un currículum desde la alfabetización científica, implica:

- hacer una selección adecuada de contenidos con vistas a esa alfabetización;
- adoptar una posición respecto a la manera en que se deben enseñar esos contenidos;
- asumir qué imagen de ciencia se propone transmitir a los alumnos con vistas a una formación integral.

El currículum así concebido debe favorecer el aprendizaje de conocimientos, contribuir a la formación de los alumnos como ciudadanos críticos y participativos y sentar las bases para eventuales estudios posteriores.

Esta concepción de la ciencia busca desmitificar estereotipos acerca del conocimiento científico. En el imaginario social existe una idea de ciencia que asocia el saber científico con la idea de "verdad" o "verdadero" y que concibe a la ciencia como la manera correcta de observar e interpretar el mundo. Se asume así que el conocimiento científico está "demostrado" mediante experimentos y no está afectado por influencias políticas, ideológicas o éticas. Esta idea de "ciencia objetiva" es acompañada frecuentemente por una visión del conocimiento científico como incuestionable y desinteresado, movilizado únicamente por el deseo de saber y ajeno a cualquier mecanismo de poder.

Los conocimientos generados por la ciencia, si bien buscan ajustarse a los fenómenos, son producto de actos creativos. Así, más que buscar verdades irrefutables, la ciencia crea modelos útiles para explicar y manipular el mundo natural. Desde este punto de vista, la validez del conocimiento científico está dada tanto por sus posibilidades explicativas y predictivas como por los consensos construidos mediante debates y argumentaciones entre aquellos que investigan en ciencias.

Enseñar ciencias desde esta visión implica incorporar en la enseñanza tanto el contexto de producción de los saberes, como sus resultados. Esta dimensión incluye el marco histórico y cultural, las actitudes y los valores que están en juego en la producción de determinados conocimientos, es decir, la dimensión social y cultural de la práctica científica. Las consecuencias de esta concepción se traducen, en el aula, en la necesidad de presentar los contenidos teniendo en cuenta cuándo surgieron, quién o quiénes los produjeron, en qué contextos sociales y a qué preguntas se está respondiendo. El docente encontrará en este Diseño Curricular algunos ejemplos en los cuales estas dimensiones se ponen en evidencia con mayor claridad.

En esta concepción de la ciencia y su enseñanza desempeñan un papel fundamental las cuestiones metodológicas como la observación controlada, la elaboración de modelos, la formulación de conjeturas o la puesta a prueba de hipótesis. También juega un rol clave la tarea en equipo que implica trabajar con el disenso y el descubrimiento de las evidencias.

En resumen, enseñar ciencias en la Escuela Secundaria implica:

- trabajar con los contenidos escolares de ciencias. Es decir establecer puentes entre el conocimiento, tal como lo expresan los textos científicos, y el conocimiento que pueden construir los alumnos para resolver problemáticas escolares que planteará el docente. Para conseguirlo es necesario efectuar una transposición, una re-contextualización, es decir reelaborar las construcciones científicas de manera que se las pueda proponer a los alumnos en las diferentes etapas de su escolaridad, a partir de problemas escolares adecuados y no de problemas científicos.
- aproximar a los alumnos a problemáticas acerca de las ciencias (metodológicas, históricas, sociales). Esto implica incorporar en la enseñanza aspectos tales como: hacer referencias a la historicidad de los conceptos científicos, acostumar a los alumnos al uso del lenguaje simbólico y de las representaciones abstractas, hacerlos construir modelos explicativos acordes a la altura de su escolaridad, hacerlos reflexionar sobre el problema de la medición y los aspectos vinculados al contexto en que se descubren o enuncian las leyes y promover en los alumnos la reflexión sobre cuestiones éticas acerca de la ciencia y sus productos.

## LA CIENCIA ESCOLAR NO ES LA CIENCIA DE LOS CIENTÍFICOS

*La ciencia escolar no es una mera traslación al aula de los saberes y quehaceres científicos.*

Esta afirmación se basa en varias cuestiones:

- a. Los propósitos de la enseñanza de las ciencias en la Escuela Secundaria son diferentes de los que se propone la comunidad de investigadores y la enseñanza a nivel superior. La enseñanza secundaria está orientada a alfabetizar científicamente a los alumnos con vistas a una formación integral como ciudadanos, que podrán o no seguir a futuro estudios especializados.
- b. El tipo de actividad que se lleva a cabo en ambos contextos es esencialmente diferente. Por un lado, el trabajo que el docente promueve en clase busca desarrollar conceptos que son nuevos para los alumnos pero que la comunidad científica ya ha validado previamente; se trata, entonces, de iniciarlos en el pensamiento científico. Por otro, la ciencia de los científicos tiene una dinámica muy distinta y busca producir ideas originales.
- c. Los contenidos y secuencias de contenidos canonizados por la educación universitaria responden a la lógica interna de la disciplina científica y no a los requerimientos pedagógicos o a los fines de la Educación Secundaria.
- d. Desde esta postura, se propone considerar a la ciencia escolar como "una visión selectiva de

contenidos [...] de tal forma que la selección consiste en un relevamiento de los conceptos estructurantes de diversas disciplinas científicas, adaptados a su máxima profundidad según las condiciones de entorno de cada situación de enseñanza en particular (edad de los alumnos, recursos de diferente índole, condicionantes socioculturales, etcétera)."<sup>2</sup>

Acorde a esta perspectiva se concibe la enseñanza de las Ciencias Naturales como la construcción de un recorrido escolar con su propia lógica, conforme a su objeto.

Los contenidos de ciencia escolar constituyen, así, una unidad de sentido que privilegia los objetos de enseñanza y de aprendizaje en lugar de ser un calco de una secuencia que la ciencia erudita necesita para su presentación. Esto implica reorganizar los contenidos de enseñanza en secuencias que apunten a construir una unidad con sentido escolar y que no sean sólo una readaptación de contenidos de las disciplinas científicas. Estas unidades de sentido educativo, pensadas en función de los aprendizajes de los alumnos, constituyen lo que se designa como disciplinas escolares.

Las disciplinas escolares tienen como referentes a los conceptos y metodologías científicos de algunas de las disciplinas de las que provienen, pero buscan dotar de sentido a la enseñanza y al aprendizaje de las ciencias para los principales y directos destinatarios de la acción docente: los alumnos.

Otorgar autonomía y carácter propio a la ciencia escolar abre la posibilidad de que ésta sea una entidad relativamente independiente, en evolución, que crea sus propias representaciones, herramientas y lenguaje, adecuándolos al objetivo de fomentar en los alumnos la alfabetización científica o bien la transición hacia construcciones más complejas en años posteriores.

En esta propuesta se trabajará sobre dos materias: la Físicoquímica y la Biología. Cada una de estas materias tiene ejes propios que reconocen la procedencia disciplinar de los conocimientos pero que los organizan –como se verá en la sección de contenidos– en una progresión que permita a los alumnos avanzar hacia la comprensión cada vez más compleja de los fenómenos.

En la enseñanza de la ciencia escolar, como en la de las otras disciplinas escolares, el docente debe desplegar diversidad de estrategias para guiar a los alumnos hacia la construcción de saberes que ha planificado de antemano y que comienzan a ser compartidos en la comunidad de enseñanza y aprendizaje del aula. Este despliegue implica un cambio significativo en el lugar y en las funciones del docente, que pasa de tener como única función la de ser proveedor de información, para convertirse en planificador de situaciones variadas que, en conjunto, promuevan la construcción colectiva de conocimiento en el aula. Por ejemplo, deberá guiar a los alumnos en la observación y la formulación de preguntas sobre un fenómeno, promover el diseño de experiencias que permitan encontrar respuestas a las mismas y fomentar los intercambios entre alumnos en los que se argumente a favor o en contra de una hipótesis recurriendo a observaciones, datos, evidencias o modelos y no a meras opiniones.

## SOBRE LOS MODELOS CIENTÍFICOS Y LA CIENCIA ESCOLAR

La ciencia se vale de construcciones abstractas o modelos para comprender y explicar los fenómenos cotidianos y los objetos tecnológicos que, en general, son complejos y cuyo comportamiento depende de muchas variables. Estos modelos son formulaciones creadas por los científicos para dar cuenta de datos empíricos de manera coherente, y permiten una representación del objeto de estudio compartida por los investigadores. De esa manera, los modelos transforman el problema de estudio en algo más sencillo, reduciendo el número de variables a analizar, y permiten realizar predicciones sobre el comportamiento del objeto de estudio si dichas variables se modifican.

Algunos modelos científicos que aparecen en este Diseño son, por ejemplo el modelo de célula, el modelo corpuscular de la materia, el modelo de cambio químico, el modelo cinético del gas ideal, entre otros.

<sup>2</sup> Aduriz Bravo, A. y Galagovsky, I., "Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias", en *Enseñanza de las ciencias*, 19 (2), 2001, p.p. 231-242.

Todos los modelos que se utilizan comparten algunas características.

- Surgen en un determinado contexto histórico para dar respuesta a una problemática dentro de una comunidad científica.
- Son construcciones "eruditas" (es decir, generadas dentro de una comunidad científica) que pretenden dar cuenta de una parte de la realidad para esa comunidad.
- Son abstracciones y recortan las variables del problema para facilitar su estudio.
- Se valen de semejanzas o analogías entre los objetos del modelo y los referentes externos, intentando un acuerdo entre las predicciones del modelo y los datos experimentales.
- Son dinámicos, es decir que evolucionan con el desarrollo del conocimiento científico, tratando de ser cada vez más generales y abarcativos.

Los modelos así contruidos son sumamente útiles para los científicos a la hora de ponerse de acuerdo y explicar la realidad. Sin embargo, como se describe en el apartado Orientaciones para la Enseñanza, desarrollado para cada una de las materias, el uso de modelos científicos en la enseñanza muchas veces funciona más como un obstáculo que como una ayuda para los alumnos. Esto puede suceder por dos motivos:

- a. porque el modelo tiene un grado de abstracción tal que resulta inadecuado para la comprensión de los alumnos;
- b. porque el modelo se ha convertido en un contenido en sí mismo desvinculado de los fenómenos que desea explicar.

Por otra parte, es sabido que los alumnos construyen modelos propios acerca de cómo funciona el mundo natural que les permiten operar sobre la realidad en sus vidas cotidianas. Estas construcciones son funcionales pero limitadas y muchas veces no se corresponden con las explicaciones científicas de los fenómenos.

Ante la dificultad de trabajar con modelos de ciencia erudita y teniendo en cuenta la necesidad de incorporar en la enseñanza los modelos que los alumnos han construido previamente, se propone trabajar en este trayecto de la escolaridad con modelos aceptables desde el punto de vista científico que sean comprensibles para los alumnos en tanto pueden dar cuenta de los fenómenos analizados. Estas construcciones se denominan modelos científicos escolares. Dichas construcciones comparten con las científicas las características de ser funcionales, coherentes y basadas en modelos anteriores. Sin embargo, los modelos escolares buscan resolver problemas escolares y no problemas científicos, por lo tanto harán uso de analogías y/o metáforas accesibles a los alumnos, que tengan sentido dentro de una clase de ciencias.

Los modelos de ciencia escolar constituyen un momento de tránsito entre las construcciones previas e individuales de los alumnos y los aceptados por la comunidad científica. La inclusión de este tipo de modelos apunta a trabajar sobre esas construcciones previas complejizándolas progresivamente, enriqueciéndolas, mostrando sus límites y posibilidades. Por ello, en las clases de Ciencias Naturales, es preciso tener en cuenta múltiples variables que son propias del contexto del aula, tales como la edad de los alumnos, sus construcciones previas, sus estudios anteriores, los recursos materiales con los que se cuente, como laboratorios u otros medios, la relevancia social del modelo y la pertinencia del mismo para dar cuenta de los fenómenos que se pretende abordar, entre otras.

Siguiendo a Badillo (2003)<sup>3</sup> puede decirse que "la finalidad de la construcción de modelos escolares será la de dar herramientas a los alumnos para que interpreten la variedad de hechos que los rodean tanto en la vida diaria como en la escuela dándoles unidad y coherencia y siendo cada vez más operacionales y rigurosos [...] asimismo, se pretende que los alumnos doten de sentido a los conocimientos científicos, para proporcionarles autonomía en la forma de pensar y decidir sobre los fenómenos del mundo". Por esto, algunas cuestiones importantes del trabajo con modelos en la Educación Secundaria son:

<sup>3</sup> Badillo, R., "Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales" en *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 3, Nº 3, 2004.

- introducir a los alumnos a la construcción y el uso de modelos: este trabajo implica guiar a los alumnos en la construcción de modelos de complejidad creciente a partir de observaciones y datos empíricos e incorporando otra información relevante para poder dar cuenta de un fenómeno. También implica guiarlos hacia el uso de modelos construidos por ellos mismos para realizar predicciones y refinar esos modelos a partir de los resultados que ponen a prueba dichas predicciones.
- introducir a los alumnos a los modelos científicos ya construidos: este trabajo implica recorrer con los alumnos el camino de la construcción de los modelos que se enseñan, haciendo énfasis en cómo ha sido su proceso de construcción, qué evidencias los sustentan, qué aspectos de un fenómeno permiten explicar y cuáles son sus limitaciones, reconociendo que éstos son una característica distintiva de la forma científica de construcción de saberes.

Oportunamente se discutirá qué carácter toma el trabajo con modelos en cada una de las dos materias y cuáles son los contenidos que se prestan mejor a este tipo de enfoque.

En concordancia con las propuestas para una formación de los alumnos como ciudadanos científicamente alfabetizados las tareas fundamentales a desplegar en las clases de Biología y Físicoquímica son, para los alumnos, recorrer un trayecto que vaya:

- de describir y explicar fenómenos simples utilizando teorías y observaciones personales a explicar fenómenos más complejos utilizando conceptos y modelos más amplios;
- de ver la ciencia como una actividad escolar, a comprender las características y los impactos de la actividad científica y tecnológica más allá de la escuela;
- de aproximarse a la comprensión de los fenómenos del mundo natural de manera intuitiva y no sistemática, al análisis sistemático de los objetos de estudio, pudiendo formular hipótesis y ponerlas a prueba por medio de diseños experimentales controlados;
- de desarrollar investigaciones escolares simples a llevar a cabo otras que involucren procedimientos más complejos que requieran una planificación y evaluación de los resultados más elaborada;
- de aceptar modelos y teorías acriticamente, a buscar las evidencias que sustentan dichos modelos y teorías y reconocer de qué modo nuevas evidencias y propuestas pueden requerir que se hagan modificaciones tanto en las teorías como en los modelos científicos;
- de utilizar un lenguaje científico simple, elaborando diagramas y gráficos para presentar la información científica, a utilizar un vocabulario técnico más amplio, utilizar símbolos y notación técnica, gráficos y cálculos para presentar información científica cuantitativa y cualitativamente.

Asimismo, para los docentes:

- crear un ambiente participativo y comprometido con las actividades de aprendizaje de ciencia escolar; generar espacios de trabajo colaborativo entre pares para favorecer la confrontación de ideas sobre fenómenos naturales y los procesos de expresión de las mismas;
- considerar como parte de la complejidad de la enseñanza de conceptos científicos, las representaciones y marcos conceptuales con los que los alumnos 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 iniciar y transitar el camino desde las concepciones previas personales hacia los modelos y conocimientos científicos escolares que se busca enseñar;
- favorecer el encuentro entre la experiencia concreta de los alumnos a propósito del estudio de ciertos fenómenos naturales y las teorías científicas que dan cuenta de dichos fenómenos;
- modelizar, desde su actuación, los modos particulares de pensar y hacer que son propios de las ciencias naturales. 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 alumnos visualizar cómo un adulto competente en estas cuestiones, piensa y resuelve los problemas específicos que se le presentan;

- planificar actividades que impliquen investigaciones escolares, que combinen situaciones como: búsquedas bibliográficas, trabajos de laboratorio o salidas de campo en donde se pongan en juego los contenidos que deberán aprender los alumnos;
- diseñar actividades experimentales y salidas de campo con una planificación previa que permita 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 alumnos para la realización de sus tareas de aprendizaje en Ciencias Naturales;
- poner en circulación, en el ámbito escolar, el "saber ciencias", el "saber hacer en ciencias" y el "saber sobre las actividades de las ciencias" en sus implicancias éticas, sociales y políticas;
- evaluar las actividades con criterios explícitos concordantes con las tareas propuestas y los objetivos de aprendizaje que se esperan alcanzar;
- trabajar con los errores de los alumnos como fuente de información de los procesos intelectuales que están realizando y gestionar el error como parte de un proceso de construcción de significados.



# BIOLOGÍA

## LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA EN EL 3° AÑO DE LA ES

El estudio de la Biología en este ciclo se enmarca en el propósito general de la alfabetización científica de los estudiantes. En particular, en 2° y 3° la Biología se conforma como una materia específica por medio de la cual se propone acercar a los alumnos a las principales teorías y modos de pensamiento que esta ciencia ha aportado a nuestra cultura a lo largo de los últimos dos siglos. Estas teorías y modos de pensamiento han configurado nuestra manera de ver el mundo no solo acerca de los seres vivos en general, sino también acerca del lugar y el papel de las personas en relación con el mundo natural. Este acercamiento guía la selección de contenidos y constituye un aporte a la formación de ciudadanos que puedan participar activamente de las informaciones y decisiones –tanto personales como sociales– que involucran el conocimiento de los seres vivos. A la vez, sienta bases fundamentales para aquellos que sigan estudios posteriores.

En el presente Diseño Curricular se han seleccionado tres de estos modos de pensamiento, por considerarlos pilares conceptuales para entender y analizar fenómenos biológicos desde una perspectiva actual:

1. **El modo de pensamiento ecológico**, que implica:
  - a. entender que los sistemas biológicos interactúan unos con otros y con los sistemas no biológicos de diversas maneras, intercambiando materia, energía e información y transformándose mutuamente en ese intercambio;
  - b. comprender que los sistemas biológicos (organismos, ecosistemas, etc.) presentan propiedades que no existen en sus partes por separado y que son fruto de las interacciones entre ellas.
2. **El modo de pensamiento evolutivo**, que implica:
  - a. entender a los sistemas biológicos y su diversidad como producto de su historia evolutiva;
  - b. entender a la adaptación como selección de variantes dentro de poblaciones variables, en interacción con un ambiente cambiante.
3. **El modo de pensamiento fisiológico**, que implica:
  - a. entender a los sistemas biológicos en términos de mecanismos que involucran procesos físicos y químicos;
  - b. concebir a los organismos vivos como sistemas capaces de procesar información;
  - c. preguntarse acerca de las relaciones estructurales y funcionales entre las partes de un sistema biológico.

Cualquier análisis en biología está atravesado actualmente por estos modos de pensamiento. A veces el objeto de estudio requiere que se recurra a más de uno o a todos, otras veces prevalece alguno frente a otros.

Por otra parte, un ciudadano científicamente alfabetizado debe conocer las implicancias sociales y éticas de la investigación en biología y de los productos teóricos y materiales que de ella se derivan. El criterio de selección de contenidos también tiene en cuenta este aspecto. Los contenidos seleccionados apuntan, así, a que los alumnos desarrollen conocimientos y herramientas de pensamiento que les permitan tomar decisiones responsables sobre cuestiones relacionadas con los fenómenos biológicos y el desarrollo científico y tecnológico en este campo. En particular, el presente Diseño Curricular enfatiza dos de estas implicancias: las relacionadas con la salud y las relacionadas con la manipulación genética.

Tanto las tres formas de pensamiento presentadas como las implicancias éticas y sociales de la investigación en biología y sus productos atraviesan los contenidos y emergen a lo largo de los diferentes temas del Diseño Curricular.

Los contenidos de la materia Biología de 2º y 3º año se articulan con los de Ciencias Naturales de primero. En primer año se enfatiza el modo de pensamiento ecológico y los intercambios de materia y energía entre los organismos y el medio. Si bien se recorren las funciones fundamentales de los sistemas vivos (la nutrición, la reproducción y la relación) a lo largo de los diferentes grupos de organismos, se hace foco en la función de nutrición y el concepto de organismos como sistemas abiertos.

En segundo año se pone el acento en el modo de pensamiento evolutivo. Se retoma y profundiza el tema de la reproducción, focalizando en la continuidad de la vida y en los procesos de cambio.

Finalmente, en tercer año se enfatiza el modo de pensamiento fisiológico. Se aborda el eje del intercambio de información en los sistemas biológicos, incluyendo los procesos de relación, integración y control y el programa genético de los organismos.

A continuación se presenta un cuadro en el que figuran los conceptos de la Biología para los tres años de la ES:

Primer año	Segundo año	Tercer año
<p><b>Unidad 1. La interacción y la diversidad en los sistemas biológicos</b></p> <p><b>La vida Unidad y Diversidad</b></p> <p>La vida y sus características: características de los seres vivos: composición química, organización, relación con el medio, regulación, ciclo vital, programa genético y evolución. Los procesos de nutrición, relación, reproducción. La construcción de criterios de clasificación para agrupar a los seres vivos</p> <p>La diversidad de formas y funciones como consecuencia del proceso evolutivo. Los niveles de organización de los seres vivos: propiedades emergentes.</p>	<p><b>Unidad 1. Evolución: origen y diversidad de las estructuras biológicas</b></p> <p><b>Teoría del ancestro común.</b> Observaciones que la teoría explica: existencia y distribución estratigráfica de fósiles, homologías y semejanzas embriológicas entre organismos, distribución geográfica de especies vivas y extintas, clasificación linneana. Predicciones de la teoría: formas de transición en el registro fósil, semejanzas genéticas entre organismos emparentados. El árbol filogenético de la vida.</p> <p><b>La Teoría de la selección natural.</b> Adaptaciones de las poblaciones a su ambiente. Origen histórico de la idea de selección natural. Variabilidad, cambios ambientales y reproducción diferencial. Comparación entre la teoría de la selección natural y la herencia de los caracteres adquiridos. Comparación de las ideas de Darwin y Lamarck. Aproximación a la noción de especie.</p>	<p><b>Unidad 1. La respuesta al medio</b></p> <p><b>Mecanismos de respuesta en el nivel organismo</b></p> <p><b>Percepción.</b> Modelo de estímulo, procesamiento y respuesta. Diferentes tipos de estímulos (luminosos, sonoros, químicos, táctiles). Diferentes tipos de receptores. Relación entre el tipo de estímulo y el tipo de receptor. La comunicación entre sistemas biológicos.</p> <p><b>Comportamientos complejos:</b> Respuestas instintivas versus aprendidas. Estudios clásicos de comportamiento animal.</p> <p><b>Mecanismos de respuesta en el nivel celular</b></p> <p><b>La percepción a nivel celular.</b> Receptores de membrana. Especificidad señal-receptor; modelo llave-cerradura. Respuesta del interior celular. Comunicación entre células. Respuestas celulares a los estímulos. Respuesta inmune.</p>
<p><b>Unidad 2. Los seres vivos como sistemas abiertos que intercambian materia y energía</b></p> <p><b>Las plantas como sistemas autótrofos</b></p> <p>Estructuras vegetales implicadas en los procesos de nutrición, relación y reproducción. La observación, registro y análisis de los cambios producidos en los vegetales durante su ciclo de vida. Identificación de los factores que interactúan en la nutrición vegetal. Búsqueda, organización y comunicación de información desde diversas fuentes y códigos expresivos.</p>	<p><b>Unidad 2. La célula: origen, estructura y funciones</b></p> <p><b>Explicaciones sobre el origen de las primeras células.</b> Distintas explicaciones sobre el origen de la vida. Teoría de Oparin y Haldane. Características de la tierra primitiva y surgimiento de moléculas complejas en el océano primitivo. Importancia de la delimitación de un medio interno para el establecimiento de la vida. Nutrición de los primeros organismos vivos. Relación entre la aparición de la vida, los cambios en la atmósfera y la evolución de las formas de nutrición.</p>	<p><b>Unidad 2. Regulación e integración de funciones</b></p> <p><b>Sistema nervioso.</b> Neuronas. Sinapsis. Neurotransmisores. Propagación del impulso nervioso. Sistema nervioso central y periférico. Sistema nervioso voluntario y autónomo (simpático y parasimpático). Órganos efectores: músculos y glándulas.</p> <p><b>Sistema endócrino.</b> Concepto de glándula, hormona y tejido blanco. Caso A: Rol de las hormonas en la homeostasis: Regulación de la glucemia. Insulina, glucagon y diabetes. Respuesta celular a la acción de la insulina. Caso B: Rol de las hormonas en el desarrollo: Hormonas sexuales. Caso C: Rol de las hormonas en el comportamiento: La adrenalina y la respuesta al stress. La hipófisis como glándula integradora entre el sistema nervioso y endócrino.</p>

<p><b>Los animales como sistemas heterótrofos por ingestión.</b> Estructuras animales implicadas en los procesos de nutrición, relación y reproducción. La observación, registro y análisis de los tipos de alimentación de vertebrados e invertebrados. Búsqueda, organización y comunicación de información desde diversas fuentes y códigos expresivos.</p> <p><b>Los hongos como sistemas heterótrofos por absorción.</b> Estructuras de los hongos implicadas en los procesos de nutrición, relación y reproducción. La observación, registro y análisis de los tipos de nutrición de los hongos y su importancia para el hombre y el ambiente. Búsqueda, organización y comunicación de información desde diversas fuentes y códigos expresivos.</p> <p><b>Los organismos microscópicos como sistemas autótrofos y heterótrofos.</b> Estructuras implicadas en los procesos de nutrición, relación y reproducción de bacterias y protistas. Efectos benéficos como los perjudiciales para la actividad humana y el medio. Búsqueda, organización y comunicación de información desde diversas fuentes y códigos expresivos.</p> <p><b>Las relaciones tróficas entre los seres vivos.</b> La representación de las relaciones entre los seres vivos en redes tróficas relacionando los distintos modelos de nutrición. Los factores que inciden en la alteración de la dinámica de los ecosistemas.</p>	<p><b>Estructura básica de la célula.</b> La membrana celular como zona de control de las sustancias que entran y salen de la célula. Rol del núcleo. Origen de mitocondrias y cloroplastos según la teoría endosimbiótica. La función de mitocondrias y cloroplastos en la nutrición celular. Células procariotas y eucariotas. La teoría del ancestro común bajo la luz de la teoría celular.</p> <p><b>Origen de la pluricelularidad.</b> Ventajas y desventajas adaptativas de la pluricelularidad. Mitosis como mecanismo reproductivo de los organismos unicelulares y de crecimiento de los pluricelulares. Algunos tipos celulares animales.</p>	
<p><b>Unidad 3. El cuerpo humano como sistema</b></p> <p>Integración de funciones y procesos en el organismo humano. Estructuras implicadas en los procesos de nutrición, relación y reproducción. Los cambios físicos en el adolescente. Alimentos, nutrientes y dieta saludable.</p>	<p><b>Unidad 3. Reproducción</b></p> <p><b>Reproducción sexual:</b> fundamentos, participación de células masculinas y femeninas, fecundación. Características de las gametas femeninas (pocas, grandes, inmóviles) y masculinas (muchas, chicas, móviles) en diferentes organismos (animales, plantas). Comparación con la reproducción asexual en relación con la generación de variabilidad. Ventajas y desventajas adaptativas de cada una.</p>	<p><b>Unidad 3. Del ADN al organismo</b></p> <p><b>Las proteínas como moléculas ejecutoras.</b> Función biológica de las proteínas. Proteínas como polímeros con secuencia. Relación estructura y función en las proteínas.</p>

	<p><b>Reproducción y evolución.</b> Análisis de casos que muestran diversidad de estrategias y estructuras relacionadas con la reproducción.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estrategias reproductivas K y r y su significado evolutivo.</li> <li>- Encuentro de gametas en plantas: polinización, co-evolución de flores y polinizadores.</li> <li>- Encuentro de gametas en animales: fecundación interna y externa, cortejo y apareamiento en diversos grupos de animales, dimorfismo sexual y selección sexual.</li> <li>- Protección y nutrición del embrión: semillas y frutos, huevos, placenta.</li> <li>- Cuidado y dispersión de la cría: modos de propagación en plantas, cuidados paternos y estructuras familiares en animales.</li> </ul> <p><b>Reproducción humana.</b> Diferencias con otros mamíferos y vertebrados. Ciclo menstrual de la mujer versus ciclo estral de mamíferos. Enfermedades de transmisión sexual. Tecnologías reproductivas.</p>	<p><b>El ADN como la molécula portadora de la información para construir las proteínas.</b> El ADN como polímero con secuencia.</p> <p>Duplicación del ADN. Síntesis de proteínas. El gen como segmento de ADN que codifica una proteína. Mutaciones.</p>
	<p><b>Unidad 4. Mecanismos de la herencia</b></p> <p><b>Genética clásica.</b> Experimentos y leyes de Mendel. Notación de carácter y factor. Teoría cromosómica de la herencia: conceptos de gen, alelo, heterocigosis, homocigosis, dominancia y recesividad, fenotipo y genotipo. Variaciones heredables y no heredables. La presión ambiental en relación con el fenotipo y no sobre el genotipo. Condiciones genéticas en humanos.</p> <p><b>Meiosis.</b> La meiosis como mecanismo de generación de gametas. Relación de la meiosis con la generación de diversidad de genotipos.</p>	

# ORIENTACIONES DIDÁCTICAS

A continuación se exponen algunas situaciones de enseñanza que deben estar presentes en la clase de Biología, en consonancia con el propósito de la alfabetización científica de los estudiantes.

Entendemos por situaciones de enseñanza a los distintos dispositivos que el docente despliega en una clase para que los alumnos aprendan determinados contenidos. Estos dispositivos se refieren tanto a la manera en que se organiza al grupo (total, pequeños grupos, trabajo individual) como a los materiales que se utilizarán, el tipo de tarea a la que estarán abocados los alumnos (lectura, experimentación, intercambio de conocimientos) y el tipo de actividad que desarrollará el docente (recorrer los grupos, explicar, presentar un material, organizar un debate).

Desarrollaremos brevemente las siguientes situaciones de enseñanza.

- Situaciones de lectura y escritura en Biología.
- Situaciones de formulación de problemas, preguntas e hipótesis.
- Situaciones de observación y experimentación.
- Situaciones de trabajo con teorías.
- Situaciones de debate e intercambio de conocimientos y puntos de vista.

La lectura y escritura en Biología, la formulación de preguntas e hipótesis, la participación en un debate y demás saberes que se ponen en juego en estas situaciones no se adquieren espontáneamente, deben ser aprendidos en la escuela y, por lo tanto, son contenidos de enseñanza. El hecho de que los alumnos no dominen estos saberes, lejos de ser un impedimento, enfatiza la necesidad de un trabajo sostenido a lo largo de la escolaridad, planificado y guiado de cerca por los docentes. Las situaciones de enseñanza propuestas son, precisamente, el espacio en el que el docente enseñará estos contenidos, en función de sus propósitos y de su grupo particular de alumnos.

## SITUACIONES DE LECTURA Y ESCRITURA EN BIOLOGÍA

Aunque los alumnos de la escuela secundaria saben leer y escribir, es necesario atender a la especificidad que la práctica de lectura y escritura adquiere en la clase de Biología. Esta especificidad no solo está dada por la terminología particular del área, sino también por las maneras particulares en que se presenta la información (textos explicativos, divulgativos, gráficos e imágenes) y por el sentido que cobra dicha información en relación con el propósito de la lectura. Un mismo texto puede ser leído con diferentes propósitos, y la lectura en cada caso cobrará un carácter diferente. No es lo mismo leer un texto para buscar un dato preciso, que para encontrar argumentos para un debate o para comprender un concepto. Al cambiar el propósito de la lectura, también cambia la actitud del lector frente al texto. Por ejemplo, en Biología suele suceder que los alumnos tengan que buscar algunos datos puntuales dentro de un texto explicativo. En ese caso, deberán aprender a no detenerse en cada frase o intentar comprender cada palabra, sino por el contrario encontrar eficazmente el dato que se busca. Estos diferentes propósitos de lectura serán significativos para los alumnos si se dan en un contexto más amplio de la actividad del aula, es decir, en relación con otras actividades que se están realizando en torno a un tema de Biología (un experimento, la resolución de un problema, la participación en un debate).

También los saberes previos del lector condicionan la lectura y la interpretación de un texto. Las situaciones de lectura se enriquecen cuando los alumnos pueden intercambiar puntos de vista diferentes respecto de lo que leen, incluyendo los suyos propios y tomar el texto como referencia para argumentar una u otra postura. Por otra parte, la relectura de un texto en momentos diferentes del proceso de aprendizaje permite que los alumnos encuentren en él conceptos, ideas y relaciones que no encontraron antes. La lectura no es un aprendizaje que se adquiere de una vez y para siempre. Por

el contrario, se va enriqueciendo en la medida que los alumnos se enfrenten una y otra vez a textos de diferente complejidad y que abordan temáticas diversas. El docente deberá prever estas y otras circunstancias que tienen que ver con aprender a leer en Biología para organizar la clase y anticipar sus posibles intervenciones.

Las situaciones de lectura son también propicias para trabajar sobre la especificidad del lenguaje científico. Los alumnos necesitan conocer la terminología de la Biología para poder comunicarse y entenderse en este campo. Sin embargo, no basta con que conozcan la definición de las palabras. Es indispensable que comprendan los conceptos detrás de esa terminología y la red conceptual en que dichos términos están inmersos y a partir de la cual cobran sentido.

Además del léxico específico, los textos científicos se caracterizan por unas maneras particulares de decir que, si bien utilizan el lenguaje habitual, refieren a conceptos muy distintos de los de uso cotidiano. Los alumnos deberán aprender a manejarse con estos modos de comunicar el conocimiento. Por ejemplo, los alumnos tendrán que poder "leer" ciertas expresiones como "las enzimas reconocen su sustrato específico" o "los tejidos se comunican con otros" frecuentes en muchos textos, desde el punto de vista de un proceso fisicoquímico, o "las mariposas responden a las feromonas liberadas por otras de su especie" como un proceso ajeno a la voluntad. Muy especialmente, deberán interpretar expresiones finalistas como "para mantener los niveles de glucosa constantes los organismos liberan alternadamente insulina o glucagón a la sangre" en términos de adaptaciones evolutivas, y no como finalidades predeterminadas. Para ello, será fundamental que el docente enfatice estas cuestiones y las ponga en evidencia durante la lectura, dando ejemplos del texto con el que se está trabajando.

Por otra parte, en los textos de Biología los alumnos se encuentran con explicaciones, descripciones, argumentaciones, puntos de vista del autor, referencias históricas y datos precisos. En cada caso, se deberá ayudarlos a identificar qué es lo que se quiere comunicar y a diferenciar unas funciones de otras.

Finalmente, en la clase de Biología son muchas las instancias en las que los alumnos deben elaborar producciones escritas: escriben para comunicar a otros lo que aprendieron, describir un procedimiento, realizar informes de observación o experimentación, plantear un punto de vista propio y sostenerlo con argumentos o para explicar hechos y observaciones utilizando los modelos estudiados. En cada caso, la escritura adopta formas diferentes según qué es lo que se quiere comunicar. Los textos que los alumnos leen actúan como referencia y podrán recurrir a ellos cuando escriben como forma de controlar la escritura. Por eso es importante que el docente ofrezca a los alumnos textos con propósitos diferentes y los analice con ellos de manera de modelizar lo que se espera que los alumnos produzcan.

En las situaciones de lectura y escritura los alumnos tendrán oportunidades de:

- apropiarse del propósito de la lectura y aprender a actuar frente a un texto de manera competente según diferentes propósitos de lectura;
- leer y consultar diversas fuentes de información y cotejar distintos textos, comparando sus definiciones, enunciados y explicaciones alternativas;
- intercambiar interpretaciones diversas de un mismo texto y fundamentar su postura utilizando ese texto u otros;
- producir textos relacionados con temas biológicos con diferentes propósitos comunicativos (justificar, argumentar, explicar, describir) y para diferentes públicos.

Para que estas actividades puedan llevarse a cabo es necesario que el docente:

- incorpore la lectura de los textos en el marco de propuestas de enseñanza en las que el sentido de la lectura esté claro para el alumno;
- lea 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 deben ser aclaradas, debatidas o argumentadas;
- anticipe las dificultades que puedan ofrecer los textos para elaborar estrategias de intervención que ayuden a los alumnos a superarlas;

- dé explicaciones antes de la lectura de un texto para favorecer su comprensión en relación con las dificultades específicas que el texto plantea (terminología científica, uso de analogías, etcétera);
- favorezca la problematización del sentido de ciertas formulaciones que parecen obvias pero que encierran complejidades que no son evidentes para los alumnos;
- señale 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;
- precise los formatos posibles o requeridos para la presentación de informes de laboratorio, ensayos, monografías, actividades de campo, registros de datos o visitas guiadas;
- seleccione y ofrezca una variedad de textos como artículos de divulgación, libros de texto, noticias periodísticas y otras fuentes de información;
- organice tiempo y espacios específicos para la lectura y escritura de textos científicos.

## SITUACIONES DE FORMULACIÓN DE PREGUNTAS, PROBLEMAS E HIPÓTESIS

La formulación de preguntas y problemas es uno de los motores principales de la indagación científica, puesto que es por medio de ellos que se pone de manifiesto cuál es el motivo de la indagación. Muchos conceptos y explicaciones cobran sentido cuando se conoce qué preguntas están respondiendo o qué problemas están intentando resolver.

No todas las preguntas son fructíferas en clase de Biología. Hay preguntas que son una demanda a una respuesta inmediata o puntual (¿cuáles eran los nombres de los aminoácidos?), otras que no pueden abordarse desde la ciencia (¿la clonación debe o no permitirse en humanos?) y otras que abren una puerta para iniciar un camino de indagaciones en busca de respuestas y explicaciones (si todas las células de un organismo pluricelular tienen el mismo ADN, ¿cómo es que son tan distintas? o el comportamiento de un cierto animal, ¿es heredado o adquirido por aprendizaje?). Estas son las preguntas sobre las cuales se pone el foco en este apartado: aquellas preguntas que promueven el desarrollo de investigaciones escolares y que se denominarán preguntas investigables. Al hablar de investigaciones escolares nos referimos a la combinación de una variedad de estrategias de búsqueda, organización y comunicación de información: en la bibliografía, por medio de las explicaciones del docente o de expertos, por medio de la experimentación o de la observación sistemática.

La formulación de preguntas investigables no es una habilidad espontánea y, por lo tanto, debe enseñarse. En el trabajo en ciencia escolar es importante, sobre todo, que los alumnos comprendan que existen preguntas investigables y preguntas que no lo son y puedan distinguir entre ambas. Por otra parte, cuando un alumno ha podido formular una pregunta investigable, o ha podido hacer propia una pregunta investigable propuesta por sus pares o por el docente, estará en mejores condiciones para diseñar y llevar adelante con autonomía las investigaciones.

En muchas ocasiones, mientras trabajan sobre alguna actividad o buscan información, los alumnos suelen hacer comentarios que encierran preguntas interesantes, que plantean desafíos para investigar. Es tarea del docente estar atento a estas oportunidades para retomarlos y transformarlos en preguntas investigables, promoviendo el análisis colectivo de las preguntas con vistas a mejorarlas y a hacerlas más pertinentes a los problemas que se están estudiando.

A su vez, la formulación de problemas en Biología es una cuestión aún más compleja ya que requiere de marcos teóricos más consolidados. Los problemas muchas veces incluyen preguntas investigables pero van más allá de ellas, presentando una situación que los alumnos deben explicar o dirimir poniendo en juego lo que saben. En la clase, es más probable que sea el docente quien plantee los problemas, o que proponga analizar algunos problemas actuales o históricos concordantes con el tema que se está estudiando. Es frecuente que los alumnos, una vez que han aprendido un concepto, lo tomen como universal, o no reparen en nuevos desafíos que ese concepto plantea. Por ejemplo, los alumnos saben que al alimentarnos incorporamos proteínas provenientes de otros seres vivos y han aprendido también que las proteínas son las responsables de nuestro fenotipo. Sin embargo, difícilmente conecten

ambas ideas a menos que se les plantee el problema de cómo es que somos tan distintos de esos seres cuyas proteínas consumimos. La síntesis de proteínas a partir de los aminoácidos provenientes de la digestión cobra otro sentido al aportar una solución a ese problema. Casos como estos son situaciones propicias para que el docente intervenga problematizando los conocimientos.

Asimismo, si la elaboración de preguntas y problemas es un motor fundamental de las indagaciones científicas, la formulación de hipótesis es una herramienta central en el proceso de encontrar respuestas a dichas preguntas y problemas. Son las hipótesis las que orientan el tipo de investigación que se llevará adelante, las premisas y los caminos a recorrer y las fuentes de información más adecuadas. La misma formulación de una hipótesis lleva implícita, por lo tanto, el modo de ponerla a prueba y los posibles resultados que serían esperables en caso de que dicha hipótesis fuera confirmada o, por el contrario, refutada.

En las situaciones de formulación de preguntas, problemas e hipótesis los alumnos tendrán oportunidades de:

- cuestionar lo que ven y lo que aprenden y no aceptar las primeras evidencias como obvias;
- formular preguntas investigables acerca del tema que se está estudiando y distinguirlas de aquellas que no lo son;
- analizar la problemática planteada para comprender de qué se trata el problema y a qué conceptos remite, evaluando qué conocen y qué necesitan conocer sobre el tema;
- plantear hipótesis en respuesta a las preguntas y problemas propuestos y anticipar posibles formas de ponerlas a prueba y resultados esperados en caso de que se confirmen o refuten.

Para que estas actividades puedan llevarse adelante es necesario que el docente:

- estimule en sus alumnos el hábito y la capacidad de hacerse preguntas y de evaluar si son investigables o no;
- intervenga en clase problematizando los conocimientos, ayudando a los alumnos a formular nuevos problemas;
- dé oportunidades para que los alumnos formulen hipótesis y los invite a proponer de qué manera podrían ser contrastadas (por ejemplo por medio de la observación y la experimentación, la búsqueda bibliográfica, la entrevista a especialistas o el trabajo de campo);
- analice con los alumnos los cursos de acción que se propongan para poner a prueba las hipótesis, cuidando que sean coherentes con las conjeturas formuladas y con lo que se quiere averiguar;
- promueva un clima de respeto y confianza en la clase que favorezca la formulación de preguntas, problemas e hipótesis sin prejuicios;
- modelice las actitudes mencionadas anteriormente proponiendo sus propias preguntas, problemas e hipótesis, planteadas no como afirmaciones definitivas provenientes de la autoridad del docente, sino como parte abierta del proceso de indagación.

## SITUACIONES DE OBSERVACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN

La observación y la experimentación son procedimientos centrales en la construcción del conocimiento científico. Por ello el docente deberá ofrecer a los alumnos diversas oportunidades para trabajar estos contenidos a lo largo del año, tanto realizando experiencias como analizando experimentos hechos por otros, actuales o históricos.

Dada una pregunta investigable propuesta por los alumnos o el docente y sus hipótesis posibles, se deberá trabajar con los alumnos el modo de poner estas hipótesis a prueba. En paralelo, dado un experimento actual o histórico, el docente podrá plantear la cuestión de cuál es la pregunta que el investigador trataba de contestar con esa experiencia.

Tanto en el diseño como en el análisis de experiencias, el docente deberá hacer énfasis en la necesidad de identificar la variable a medir y elegir una manera de medirla, dando oportunidades a los alumnos de evaluar las ventajas y desventajas de diferentes métodos. También se deberá hacer hincapié en

la necesidad de mantener las condiciones experimentales constantes con excepción de la condición que se desea investigar. Por ejemplo, en el análisis de los experimentos de los Darwin con las plantas, se podrá discutir la necesidad de utilizar siempre el mismo tipo de plantas y medir la curvatura de manera consistente en todo el experimento para que los resultados sean válidos.

En la realización de experiencias y observaciones es importante que el docente guíe a los alumnos a registrar sus resultados de manera ordenada y entendible por ellos y por otros. Parte del trabajo previo a una experiencia u observación será, entonces, ponerse de acuerdo en cómo registrar la información obtenida de manera de poder cotejar los datos después.

El diseño de experiencias es una buena oportunidad para el intercambio de puntos de vista y la argumentación. Tanto la elección de los materiales y los métodos, la selección de variables a controlar como las anticipaciones de resultados y sus interpretaciones pueden ser oportunidades de debate entre los alumnos en las que deberán fundamentar sus puntos de vista frente a los otros.

También será fundamental que el docente tenga en cuenta que lo que se interpreta de lo observado depende en buena medida de lo que el observador espera encontrar. En este sentido, un mismo fenómeno, el desarrollo o los resultados de un mismo experimento pueden ser interpretados de maneras diferentes por distintos alumnos.

Muchas veces, además, los alumnos niegan los resultados que obtuvieron de una experiencia porque no se ajusta a lo que suponían que iba a suceder o lo que sabían que el docente esperaba como resultado. Por ello, una parte importante del trabajo consistirá en comparar los resultados obtenidos por diferentes grupos en relación con una misma experiencia y analizar las razones que pueden explicar sus diferencias, tomándolas como un insumo para la discusión y el aprendizaje. Estas son oportunidades para volver atrás, tanto a las hipótesis iniciales como a los pasos que se siguieron en el experimento, para encontrar esas explicaciones.

Finalmente, vale aclarar que las situaciones de observación y experimentación pueden ser trabajadas de manera modular o, en otras palabras, sin necesidad de que los alumnos realicen una investigación completa. A veces será valioso, por ejemplo, realizar actividades que solamente involucren la observación sistemática o el diseño de experimentos a partir de preguntas propuestas por el docente. El docente, atendiendo a las características particulares de su grupo de alumnos, evaluará la pertinencia de trabajar este tipo de situaciones por separado o en el marco de investigaciones escolares más amplias.

En las situaciones de observación y experimentación los alumnos tendrán oportunidades de:

- observar y describir sistemáticamente fenómenos que conocen de antemano o que se les presentan en clase, con y sin mediación de instrumentos;
- diseñar y realizar experimentos controlados para contrastar hipótesis;
- discutir sus resultados con sus pares y contrastarlos o complementarlos con otras fuentes de información;
- distinguir las observaciones de las inferencias, las descripciones de las explicaciones y los resultados de las conclusiones.

Para que estas actividades puedan llevarse adelante es necesario que el docente:

- promueva el diseño y la implementación de experiencias que permitan contrastar las hipótesis planteadas por los alumnos o presentadas por el docente en relación a una pregunta contestable;
- estimule el intercambio entre los alumnos de sus anticipaciones acerca de los resultados esperados de una observación o de un experimento y las comparen con los datos que obtuvieron;
- favorezca la contrastación entre los resultados de distintos grupos para una misma experiencia y entre las diferentes interpretaciones de los resultados, ofreciendo herramientas para discernir los más adecuados.

## SITUACIONES DE TRABAJO CON TEORÍAS

En la clase de Biología de 3º año los alumnos tendrán que estudiar algunas teorías (como el modelo de percepción o la teoría cromosómica de la herencia). Las teorías son las formas mediante las cuales los científicos construyen las interpretaciones de los fenómenos. Por ser construcciones humanas con fines explicativos y predictivos, las teorías no son un "espejo de la realidad", sino una manera de interpretarla. En toda teoría conviven componentes que son observables (como las respuestas de un organismo a un estímulo y la existencia de condiciones genéticas) con otros no observables, de carácter abstracto o teórico (como la noción de procesamiento de una señal o de gen). Estas "ideas teóricas" no se desprenden exclusivamente de la observación, sino que son, también, producto de la imaginación. Sin embargo, no se trata de invenciones arbitrarias, sino de ideas que se construyen para dar cuenta de los fenómenos que se desea explicar.

Para un ciudadano alfabetizado científicamente, el conocimiento de las teorías científicas es incompleto si no se conoce y entiende la manera en que han sido construidas, en un diálogo permanente entre las observaciones y las ideas teóricas. Sin embargo, las relaciones entre los componentes observables y teóricos, dentro de una teoría, son complejas y casi nunca evidentes. La tarea del docente será ofrecer múltiples oportunidades para que estas relaciones se pongan en evidencia.

Para poder apreciar el proceso de construcción de teorías un docente puede dar ejemplos históricos de la manera en que distintas teorías fueron formuladas por diversos científicos o grupos de científicos y cómo estas daban cuenta de diferentes datos que se disponía en el momento. También, será importante discutir cómo estas teorías evolucionaron con el tiempo a la luz de nuevos descubrimientos o nuevas ideas. El docente podrá, además, invitar a los alumnos a utilizar teorías aprendidas para explicar o predecir observaciones nuevas. En todo caso, será importante que haga explícita la naturaleza abstracta de las ideas teóricas, diferenciando entre ellas y los observables y permitiendo a los alumnos ir de la idea teórica al fenómeno y viceversa.

Por último, los alumnos tienen sus propias ideas teóricas acerca de los fenómenos, que no siempre coinciden con las ideas teóricas que se enseñan. Es tarea del docente tender un puente entre las teorías de los alumnos y las que se quiere enseñar dando oportunidades de contrastar unas y otras y de analizar su correspondencia con los fenómenos, por ejemplo seleccionando ejemplos de observables que cuestionen las teorías de los alumnos de manera de generar la necesidad de reformularlas.

En las situaciones de trabajo con teorías los alumnos tendrán oportunidades de:

- reflexionar sobre los alcances y limitaciones de las ideas teóricas;
- apreciar cómo las ideas teóricas dan cuenta de fenómenos observables pero, al mismo tiempo, son producto de la imaginación;
- advertir cómo las ideas teóricas logran dar sentido a amplios conjuntos de observaciones frecuentemente no relacionadas y ofrecen mecanismos que explican el funcionamiento de ciertos procesos;
- comprender que las ideas teóricas pueden cambiar con el tiempo, al acomodar nuevas observaciones o nuevas ideas;
- advertir cómo las ideas teóricas conducen a predicciones que pueden ser puestas a prueba empíricamente;
- utilizar ideas o modelos teóricos aprendidos para interpretar o predecir fenómenos no estudiados en clase.

Para que estas actividades puedan llevarse adelante es necesario que el docente busque:

- presentar a las teorías fundamentales de la Biología como construcciones que buscan dar sentido a conjuntos de observaciones estudiando, cuando sea posible, primero las observaciones para luego adentrarse en las ideas teóricas;
- cuando corresponda, advertir sobre la existencia de esquemas explicativos alternativos;

- enfocar la atención sobre la naturaleza no observacional e imaginativa de las ideas teóricas y, al mismo tiempo, enfatizar su relación con los datos observables de los que pretende dar cuenta;
- observar un lenguaje consistente con la naturaleza tentativa y abstracta de las ideas teóricas; por ejemplo, que los datos no “prueban” una idea, sino que “son consistentes con” o “dan apoyo a”, o “cobran sentido a la luz de” una cierta teoría;
- plantear problemas u ofrecer información que pueda ser interpretada a través de las teorías aprendidas;
- ofrecer a los alumnos, siempre que sea posible, el contexto en el que se elaboraron las ideas teóricas, los modelos que se enseñan, cuáles son los problemas o preguntas que se busca responder por medio de las mismos y con qué otras teorías alternativas, históricas o actuales, están en discusión.

## SITUACIONES DE DEBATE E INTERCAMBIO DE CONOCIMIENTOS Y PUNTOS DE VISTA

La comunicación oral de conocimientos, resultados y puntos de vista es una actividad central para la construcción del conocimiento científico, tanto en el ámbito académico como en el aprendizaje escolar. Sin embargo, la capacidad de explicitar ideas y, en particular, de argumentar sobre la base de evidencias, son habilidades que los alumnos de esta edad deben aprender y ejercitar con la guía de sus docentes. Esto resalta la fundamental importancia de que los docentes generen múltiples situaciones en las que este tipo de intercambio tenga lugar en clase en el marco de los temas que se están enseñando.

Cuando los alumnos deben organizarse para comunicar conocimientos los unos a los otros, cobra mayor sentido el debate de ideas en torno a qué es importante comunicar, cómo se lo va a hacer según el interlocutor, cómo se va a organizar la exposición, etc. Esto, a su vez, favorece que los alumnos clarifiquen y repiensen sus propias ideas. El diálogo permite descubrir huecos lógicos en el propio discurso y en el ajeno.

Las instancias en las que es posible plantear este tipo de intercambios orales son variadas. El planteo de un problema o de una pregunta formulada por el docente al inicio de un tema, por ejemplo, es una oportunidad rica en la cual se ponen en juego las representaciones de los alumnos, que aportan sus propios puntos de vista. De este modo, el problema planteado inicialmente por el docente se amplía y enriquece con los aportes de los alumnos y comienza a ser propiedad del conjunto de la clase.

Otras instancias aparecen con el análisis de preguntas e hipótesis formuladas por distintos grupos. Los alumnos también deberán sostener sus posiciones con argumentos o aceptar los argumentos de sus compañeros y revisar sus posturas al examinar o proponer diseños de indagación (bibliográfica o experimental) para poner a prueba las hipótesis. El análisis de los resultados de observaciones o experimentos también es una oportunidad rica para que los alumnos confronten sus interpretaciones acerca de ellos y las enriquezcan a partir de las interpretaciones de otros grupos.

Muchas temáticas en Biología son susceptibles de ser abordadas mediante la búsqueda de información en diferentes fuentes. Estos casos, especialmente si los alumnos han trabajado en grupos buscando información diferente, son oportunidades valiosas para que tengan que organizarla, en vista a exponerla oralmente teniendo en cuenta que quien la reciba no conoce sobre el tema y sabiendo que es su responsabilidad que lo comprenda.

Finalmente, las informaciones que circulan en los medios de comunicación referidas a hallazgos científicos relacionados con la Biología, suelen plantear controversias que involucran no solo al conocimiento científico, sino también a posturas éticas y concepciones personales. El trabajo con estas informaciones es una instancia fecunda para promover que los alumnos intercambien sus pareceres procurando dar y recibir argumentos válidos.

En las situaciones de debate e intercambio de conocimientos y puntos de vista los alumnos tendrán oportunidades de:

- confrontar sus ideas con sus pares y con el docente;
- aceptar objeciones y revisar los propios puntos de vista;
- dar argumentos válidos para justificar sus afirmaciones y reclamarlos a los otros;
- organizar sus ideas y conocimientos para comunicarlos a otros verbalmente;
- valorar la diversidad de puntos de vista sobre un mismo tema.

Para que estas actividades puedan llevarse adelante es necesario que el docente:

- construya una cultura de aula en la que el debate y el disenso fundamentado resulte habitual y valorado;
- resguarde que los intercambios se produzcan en un clima de respeto por las ideas de los otros basado en la formulación de argumentos válidos;
- organice situaciones diversas en las que se produzcan intercambios orales que tengan sentido para los alumnos.

# EXPECTATIVAS DE LOGRO

Al finalizar el 3º de la Escuela Secundaria se espera que los alumnos:

- conciban a los seres vivos como sistemas que interactúan entre sí y con los sistemas no biológicos intercambiando materia, energía e información y comprendan que en ese intercambio se transforman mutuamente;
- comprendan que los sistemas biológicos (organismos, ecosistemas, etc.) presentan propiedades que no existen en sus partes por separado y que son fruto de las interacciones entre ellas;
- interpreten a los sistemas biológicos y su diversidad como producto de su historia evolutiva y a la adaptación como selección de variantes dentro de poblaciones variables, en interacción con un ambiente cambiante;
- entiendan a los sistemas biológicos en términos de mecanismos que involucran procesos físicos y químicos, y se pregunten acerca de las relaciones estructurales y funcionales entre las partes de un sistema biológico;
- conciban a los organismos vivos como sistemas capaces de procesar y transmitir información;
- expliquen y describan fenómenos biológicos utilizando un lenguaje adecuado y variado (incluyendo gráficos, esquemas, modelizaciones);
- diseñen y realicen experimentos de ciencia escolar que permitan contrastar las hipótesis formuladas sobre determinadas problemáticas, haciendo uso de instrumentos adecuados;
- interpreten experimentos realizados por otros identificando las principales preguntas que los guían y el sentido de los diferentes pasos, relacionándolos con las conclusiones a las que arriban;
- establezcan relaciones pertinentes entre los datos experimentales y los modelos teóricos;
- interpreten información científica en diferentes formatos (texto, gráficos, tablas) disponible en material de divulgación o libros de texto;
- interpreten problemáticas actuales y de interés social que involucran al conocimiento biológico utilizando las teorías y nociones estudiadas;
- analicen y discutan aspectos éticos vinculados con la producción y utilización de los conocimientos científicos, en particular los biológicos;
- utilicen los conocimientos biológicos para dar opinión, argumentar y actuar en relación con aspectos de la salud;
- comprendan el impacto cultural de las grandes teorías de la Biología (en particular la Teoría de la Herencia y la de la Evolución).

# LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA EN LOS TRES AÑOS DE LA ES

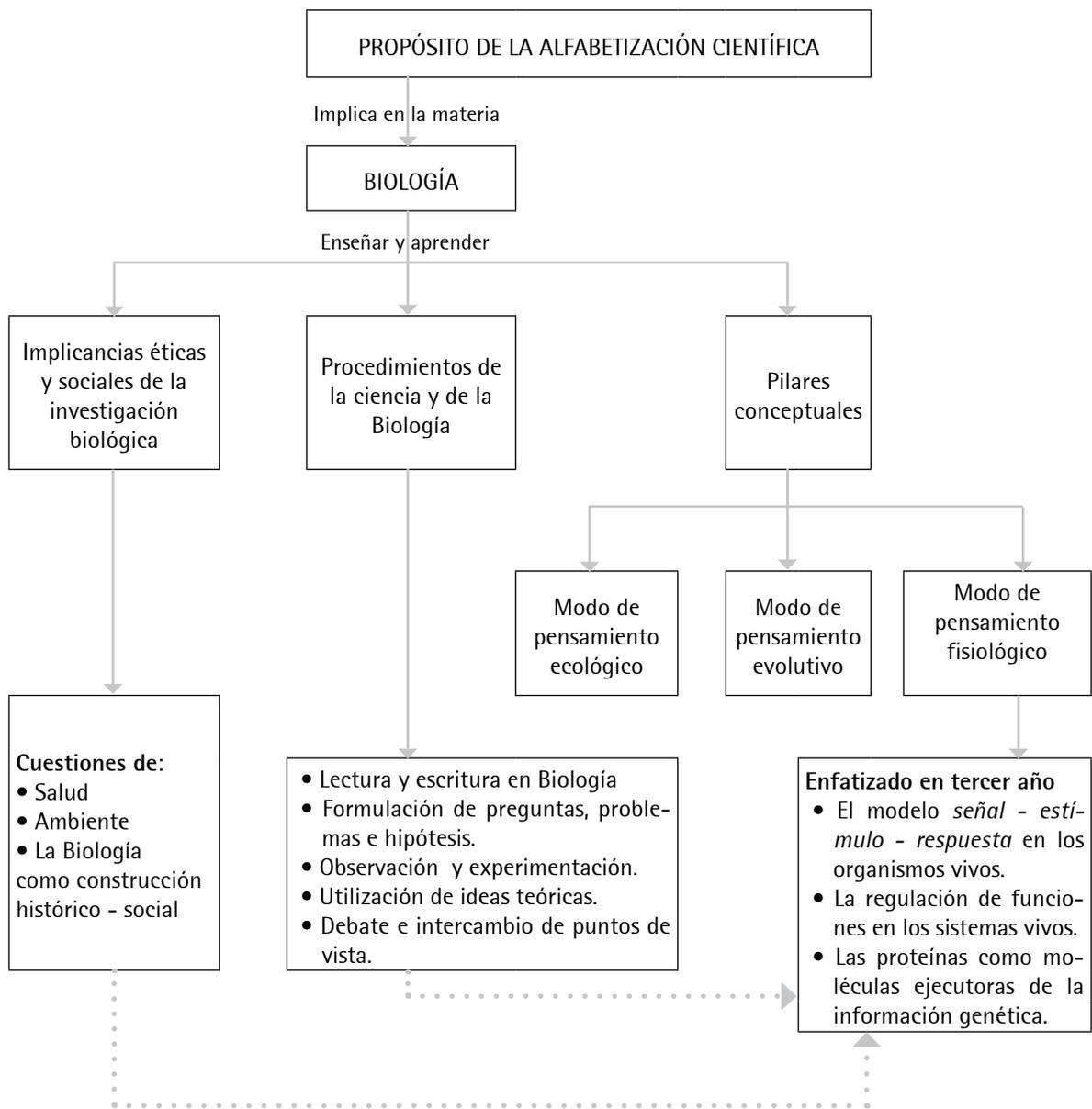
Continuando con la lógica de la materia establecida para los tres años de la Escuela Secundaria, los contenidos de 3º año están atravesados por el modo de pensamiento fisiológico. En particular, este Diseño Curricular toma como eje la naturaleza informacional de la vida: las variadas maneras en que los seres vivos intercambian, procesan, producen e interpretan información. Por medio del desarrollo de este eje, los alumnos podrán acceder a la noción de información en los sistemas biológicos desde dos perspectivas: el procesamiento de estímulos y la ejecución de un programa genético.

En relación con el procesamiento de estímulos, los alumnos tendrán oportunidad de analizar este proceso en los diferentes niveles de organización. Por ejemplo, en el del organismo, se estudiarán las diferentes respuestas de los sistemas biológicos a las condiciones físicas del ambiente. También se analizará el intercambio de información entre los diferentes órganos y tejidos que lo componen, introduciendo la idea de integración y regulación de funciones biológicas. Para el ecosistema, se estudiará la comunicación entre individuos de una especie o especies diferentes, y sus efectos sobre el comportamiento o el desarrollo de los individuos. En el nivel celular, se estudiará la manera en que las células perciben y procesan las señales externas. En estos casos, la información cobra valor asociada a la comunicación entre individuos, entre los individuos y el ambiente, y entre órganos de un mismo individuo y entre células.

En relación con la ejecución de un programa genético, los alumnos aprenderán a interpretar a los organismos como sistemas informacionales en sí mismos, en tanto son la expresión de la información contenida en el ADN de sus células, que es ejecutada a partir de la síntesis de proteínas.

Todos los fenómenos mencionados (las características del estímulo y de su receptor en los organismos complejos, la unión de señales químicas a las células y tejidos, las funciones de las proteínas, la estructura del ADN) pueden ser interpretados desde una noción biológica que los atraviesa: la relación estructura-función. Siempre que sea pertinente, los alumnos tendrán oportunidad de analizar estos fenómenos utilizando esta noción, que los hace más inteligibles como procesos naturales con base fisicoquímica, una idea central en el modo de pensamiento fisiológico.

Gran parte de este Diseño Curricular está estructurado en torno al trabajo con ejemplos, que van más allá de la mera ilustración de un hecho y deben constituirse en fenómenos a analizar. Mediante el análisis y comparación de los ejemplos, los alumnos podrán expresar sus saberes acerca de dichos fenómenos, encontrar elementos comunes para elaborar algunas generalizaciones y generar preguntas que promuevan algún tipo de investigación. Asimismo, el docente podrá apoyarse en el análisis de algunos de ellos para ofrecer explicaciones más sistemáticas.



Al comienzo de cada unidad se presentan las *expectativas de logro* por unidad, entendidas como indicadores de avance o indicadores de aprendizaje. Estas están expresadas en términos de desempeños (describir, justificar, ejemplificar, explicar, relacionar) que se espera que los alumnos puedan realizar a medida que avanzan en el aprendizaje de los contenidos dentro de la unidad y, en este sentido, sirven de orientadoras tanto para la enseñanza como para la evaluación de los aprendizajes.

En relación con la enseñanza, para que los alumnos alcancen las expectativas propuestas no basta con que hayan estado "expuestos" a los conceptos mediante explicaciones o lecturas, sino que es necesario que a lo largo de las clases hayan tenido oportunidad de pasar por varias instancias en las cuales hayan aprendido a analizar ejemplos, describir, justificar, explicar, etcétera, en relación con los temas de la unidad.

La enseñanza de la Biología requiere, además, ofrecer a los alumnos variedad de ideas (actuales o históricas), casos, ejemplos, teorías, datos empíricos, debates, etcétera, para que puedan trabajar con ellos en diferentes contextos, establecer relaciones y elaborar generalizaciones. En este sentido, los

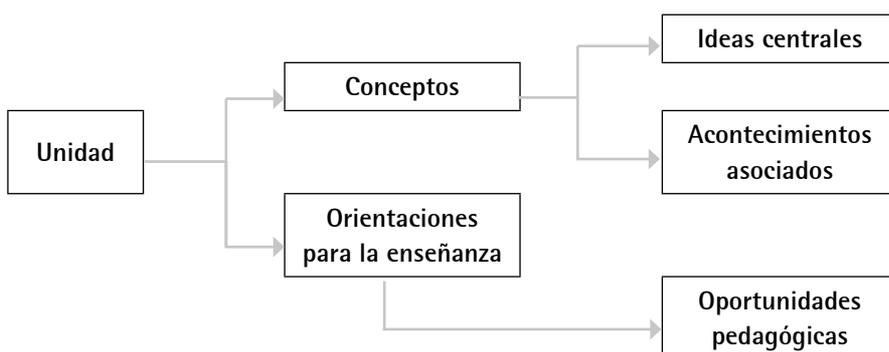
conocimientos que circulan en clase tienen diferente jerarquía y por ende no todos deberán tener igual tratamiento en la evaluación. La formulación de las expectativas de logro apunta a que la evaluación ponga más el acento en las generalizaciones y síntesis que los alumnos puedan alcanzar que en la memorización de los casos y ejemplos estudiados.

Por ejemplo, para que los alumnos comprendan la síntesis de proteínas, el docente deberá explicar los pasos fundamentales de este mecanismo. Sin embargo, el interés del estudio de este proceso en el marco de este diseño es que puedan relacionarlo con el rol del ADN y de las proteínas en la generación del fenotipo de un organismo. Por lo tanto, la evaluación deberá hacer hincapié en este último aspecto que constituye el nivel de conceptualización esperado y no en detalles, como los nombres de los aminoácidos o la estructura del ribosoma. Para establecer estas distinciones, el docente podrá recurrir tanto a los alcances especificados en las orientaciones como a las expectativas de logro formuladas.

## ORGANIZACIÓN DE LOS CONTENIDOS

Los contenidos se presentan organizados en tres unidades. Dentro de cada unidad se destacan los conceptos centrales [en negrita] y, a continuación, un conjunto de conocimientos asociados que es necesario enseñar para que los alumnos construyan dichos conceptos centrales.

Luego de la presentación de los contenidos se desarrollan Orientaciones para la Enseñanza. En ese apartado se especifica el alcance esperado para los distintos contenidos [en *itálica*] junto con algunos ejemplos y casos para la enseñanza de dichos temas. Dentro de las Orientaciones para la enseñanza, en el apartado Oportunidades Pedagógicas se ofrecen reflexiones sobre las oportunidades que la unidad presenta para abordar aquellos aspectos que han sido señalados como esenciales para la alfabetización científica. Estas oportunidades deben ser interpretadas como ideas para integrar a las situaciones de enseñanza que se desplieguen para el desarrollo de los distintos contenidos de la unidad. Lo dicho anteriormente se sintetiza en el siguiente esquema:



A continuación, se enumeran las unidades de este Diseño Curricular:

**Unidad 1:** La respuesta al medio.

**Unidad 2:** La regulación e integración de funciones.

**Unidad 3:** Del ADN al organismo.

El orden de las unidades responde a una lógica de progresión e integración de conocimientos; así, las unidades 1 y 2 se relacionan con la respuesta a estímulos, mientras que la unidad 3 se refiere a la ejecución del programa genético.

En la primera unidad, se abordará la manera en que los sistemas biológicos procesan y responden a la información que proviene del ambiente. El docente podrá introducir el tema retomando lo que los alumnos han estudiado en 2º año, en relación con que la supervivencia de las especies depende de su interacción con el ambiente y que a lo largo de su evolución desarrollaron mecanismos de procesamiento y respuesta a las diversas señales del medio. Son muchos los ejemplos que pueden ayudar a hacer más accesible la idea de que los organismos responden de manera variada y compleja a las numerosas pautas del medio: desde la respuesta de "piel de gallina" que las personas tenemos frente al frío a los efectos de la luz sobre los relojes biológicos, desde los tropismos de las raíces a la sofisticada respuesta defensiva que un herbívoro despliega frente a un ataque por parte de un felino.

Si bien estos mecanismos de recepción y respuesta a señales tienen formas diversas y cada especie las procesa de manera diferente, es posible establecer un esquema conceptual que describe sintéticamente todos estos fenómenos: la existencia de un estímulo, de un procesamiento y de una respuesta.

Este esquema puede aplicarse al análisis tanto de las respuestas a nivel del organismo de alta complejidad que involucran al sistema nervioso, como a nivel celular, por ejemplo en la percepción de condiciones del medio por parte de células individuales. En esta unidad se analizan procesos en estos dos niveles desde el esquema conceptual de procesamiento de información. El modelo a nivel celular se retomará en unidades posteriores como paradigma de estudio desde el cual es posible entender una gama amplia y dispar de situaciones biológicas.

En la segunda unidad, se explora la regulación e integración de funciones en los organismos multicelulares y en su abordaje se integran dos niveles: el del organismo y el celular, focalizando en los mecanismos que hacen posibles las respuestas al medio estudiadas en la primera unidad. En el nivel celular, por ejemplo, mediante el estudio del rol de los neurotransmisores y sus receptores celulares en la producción de respuestas a las señales del medio externo e interno. El paradigma celular se pone en evidencia también en la respuesta de los tejidos blanco a las hormonas. Los alumnos tendrán oportunidad de visualizar el intercambio de información como un mecanismo que hace posible la comunicación entre diversas partes de un mismo sistema biológico produciendo una coordinación y regulación fina a nivel del organismo. Al final de la unidad se introduce también el concepto de homeostasis y de los mecanismos de control que la mantienen, usando un ejemplo de importancia fundamental en la salud como es el control de la glucemia y la diabetes. El análisis exhaustivo de dicho ejemplo, aportará un marco general del funcionamiento hormonal a los alumnos que podrán utilizar para interpretar otros procesos mediados por hormonas.

En la tercera unidad, se aborda la expresión de la información genética. La ejecución del programa genético de un ser vivo depende de la acción de las proteínas. Se analizará la síntesis de proteínas como el modo en que se expresa la información contenida en el ADN. Para facilitar la comprensión de la importancia biológica de las proteínas, como las principales ejecutoras de la información genética, se retomarán ejemplos de proteínas analizadas en las dos unidades anteriores (como hormonas proteicas, receptores de membrana, proteínas de fibras musculares) para examinarlas más de cerca según esta perspectiva. Se pondrá el acento en la relación entre la estructura y función de las diferentes proteínas con el propósito de hacer explícita la relación entre la información genética y el fenotipo de una célula o un organismo. El estudio de las mutaciones permitirá resignificar lo aprendido en 2º año acerca del origen de la variación en las poblaciones sobre la cual actúa la selección natural.

# DESARROLLO DE LOS CONTENIDOS

## UNIDAD 1: LA RESPUESTA AL MEDIO

### Expectativas de logro

Al finalizar esta unidad se espera que los estudiantes sean capaces de:

- analizar y describir casos de comportamiento animal o de comunicación entre organismos utilizando el modelo señal-procesamiento-respuesta, incluyendo ejemplos de diversidad de estímulos, interacción estímulo-receptor y de receptores para un mismo estímulo;
- explicar sobre la base de ejemplos el papel de las proteínas de la membrana celular en los procesos de percepción y comunicación celular;
- debatir acerca de las características innatas o aprendidas de diferentes comportamientos en humanos y otros animales;
- dar ejemplos del valor adaptativo de diferentes comportamientos instintivos y fundamentarlos a partir de sus conocimientos sobre la selección natural.

### Contenidos

**Mecanismos de respuesta en el nivel organismo.** Percepción: modelo de estímulo, procesamiento y respuesta. Diferentes tipos de estímulos y de receptores, relación entre las características del estímulo y del receptor. Diferentes tipos de respuestas: respuesta de huida. Respuestas instintivas versus aprendidas. El papel de las señales en los comportamientos. La comunicación entre sistemas biológicos.

**Mecanismos de respuesta en el nivel celular.** Respuestas celulares al ambiente. La percepción a nivel celular. La membrana celular, receptores de membrana. Especificidad señal-receptor, modelo llave-cerradura. Comunicación entre células.

### Orientaciones para la enseñanza

La capacidad de responder al medio externo es una característica básica de los sistemas biológicos. Esta primera unidad sienta las bases conceptuales para comprender el procesamiento de información por parte de los seres vivos, que abarca tanto la captación de señales del medio interno y externo, como el intercambio de señales con otros seres vivos. En una primera parte se estudiarán las respuestas de organismos en un nivel macroscópico, con la ventaja de que muchos de los problemas que se planteen serán familiares a los alumnos. Este abordaje permite establecer un modelo básico de percepción que luego se aplicará al nivel celular en la segunda parte de la unidad.

*Este modelo básico, la señal o estímulo, el procesamiento y la respuesta es la idea clave de esta primera parte de la unidad.* Los alumnos podrán apropiarse de esta idea si previamente han tenido oportunidad de analizar diversos ejemplos en los que estos mecanismos ocurren y tratar de encontrar qué es lo que tienen en común. Por eso es importante presentar una variedad de ejemplos de animales y plantas que expresen la diversidad que existe en cuanto a los fenómenos de percepción. Los casos que se seleccionen para el estudio deberán dar cuenta de la variedad de estímulos a los que los sistemas biológicos responden y la diversidad de estructuras de percepción que los organismos han desarrollado a lo largo de la evolución.

Los alumnos poseen muchas representaciones acerca de este fenómeno, pero la mayor parte de ellas están centradas en la percepción humana y es desde ese marco que analizan a los seres vivos en ge-

neral. Por eso será necesario enfatizar que la percepción en humanos es sólo una expresión específica del fenómeno general. En este sentido será conveniente analizar ejemplos de otros animales que pueden percibir estímulos que para los humanos son indetectables, como por ejemplo ciertos rangos de longitud de onda de la luz que ven los insectos, ciertas frecuencias de sonido que pueden escuchar otros animales como los perros o los campos eléctricos que detectan los tiburones. También deberán analizarse ejemplos en plantas, como la percepción del fotoperíodo o los diferentes tropismos.

*No es la meta de esta unidad estudiar en detalle la anatomía o fisiología de los órganos receptores como ojos, oídos, etcétera. Pero sí será importante subrayar que la percepción de cada tipo de estímulo es llevada adelante por órganos específicos y que un mismo estímulo puede ser percibido a través de diferentes estructuras en diferentes organismos.* Por ejemplo, los ojos de animales, las manchas fotorreceptoras de bacterias y los tallos de las plantas son estructuras que responden a la luz pero son anatómica y funcionalmente diferentes. Retomando la mirada evolutiva, se podrá explicar estas diferentes estructuras en términos de adaptaciones de los organismos al medio.

Junto con el análisis de la relación estímulo-receptor, se analizarán ejemplos que den cuenta de la variedad de respuestas de los organismos frente a los estímulos. Algunos de estos pueden ser la danza de las abejas en respuesta a la localización de la fuente de alimento, la curvatura de un tallo de planta en respuesta a la dirección de la luz o el comportamiento de cortejo de un ave al divisar a una hembra de su especie. Es frecuente que los alumnos piensen que existe una relación lineal entre el estímulo y el comportamiento desencadenado y no reparen en la complejidad que entraña el fenómeno. Por eso, dentro de esta variedad, será interesante analizar ejemplos de la respuesta dispar de distintas especies frente a un mismo estímulo. Por ejemplo, la respuesta positiva de algunas especies a la luz, la humedad, determinados olores y la negativa de otras a los mismos factores ambientales. Estas comparaciones servirán para reflexionar acerca del carácter evolutivo de esta diversidad, que obedece a las circunstancias particulares en la historia de estos seres vivos más que a una respuesta mecánica.

El docente podrá organizar situaciones de lectura de textos o de visualización de videos en los que se describe el comportamiento de una diversidad de organismos y promover la reflexión acerca de lo que tienen en común y, junto con ello, lo que es diverso. Estas situaciones darán lugar al planteo de preguntas y problemas que promuevan algún tipo de investigación experimental que implique el diseño y el control de variables.

Dentro de los ejemplos a estudiar se tratará en particular el comportamiento de huida. El interés de este estudio es doble. Por una parte, es un comportamiento conocido que permite mostrar en términos simples y cercanos a los alumnos de la complejidad de las respuestas en organismos, y, por otra parte sienta las bases para el estudio del sistema nervioso en la siguiente unidad.

*Por ello, durante el análisis del ejemplo, se promoverá que los alumnos pongan énfasis en la idea de que, frente a un estímulo que es interpretado como una amenaza, los mamíferos despliegan una respuesta que prepara al cuerpo para la huida o el ataque. Se destacarán los principales componentes de esta respuesta (los cuales serán retomados en la unidad siguiente) como: dilatación de las pupilas, aumento del ritmo cardíaco, aumento de la irrigación al cerebro y a los músculos, disminución de la irrigación al sistema digestivo, inhibición de la actividad del sistema digestivo, y se promoverá la reflexión acerca del carácter adaptativo de la misma.*

El comportamiento de huida permite el estudio de otro aspecto interesante de la respuesta a estímulos ya que las respuestas involucradas son instintivas e involuntarias. Esto abre las puertas al tema del instinto versus las respuestas aprendidas. Aquí se puede aclarar que no todas las respuestas de los seres humanos son aprendidas (como por ejemplo el llanto, la risa, el bostezo) y que no todas las respuestas en otros animales son instintivas (los chimpancés, por ejemplo se enseñan unos a otros técnicas de procuración de alimento).

Otra idea relevante para discutir en relación con los comportamientos instintivos es la de señal (es decir, aquel conjunto de características del estímulo que efectivamente disparan la respuesta). Qué

constituye una señal y qué no dependerá del sistema biológico. Por ejemplo, en el caso del pez espinoso macho, la coloración roja ventral es una señal que desencadena patrones de acción fija tanto en otros machos (agresividad) como en las hembras (atracción). Otros aspectos de su anatomía, como las aletas y las espinas, no desencadenan el comportamiento y no son, por lo tanto, parte de la señal. Este ejemplo ofrece también oportunidades para revisar los temas de reproducción y co-evolución estudiados en 2º año.

Para otros ejemplos se podrá recurrir a algunos de los trabajos clásicos sobre el comportamiento instintivo y señales de Konrad Lorenz y Niko Tinbergen (por los que recibieron el Premio Nobel). Sus estudios e ideas son en muchos casos conceptualmente accesibles a este nivel como así también varios de sus textos.

Dentro de los casos y ejemplos a analizar no solo se tomarán aquellos que incluyan señales físicas del medio, sino también los que son producidos por otros organismos. Esto permitirá avanzar en la idea de que la respuesta al medio puede formar parte de un sistema de comunicación entre organismos dado que la respuesta puede ser la emisión de otra señal, creando vínculos comunicativos. Cortejos y demarcación de territorios son ejemplos clásicos y ricos de estos intercambios de señales. Se deberán incluir entre los ejemplos no solo a aquellos que involucran a miembros de la misma especie, sino a la comunicación entre especies diferentes como cuando las plantas atraen con colores y olores a potenciales polinizadores.

Durante los intercambios que se produzcan en clase en relación con el análisis de ejemplos de comportamientos, es probable que los alumnos se refieran a estos fenómenos presuponiendo una cierta intencionalidad en los mismos. El docente estará atento al lenguaje y modos de expresión de los alumnos para poner a discusión la mejor manera de referirse a ellos destacando el carácter adaptativo y hereditario de los mismos, conectando con lo aprendido en segundo año sobre la selección natural y los mecanismos de la herencia.

Una vez establecido el esquema conceptual básico de la percepción en el nivel macroscópico, se abordará la segunda parte de la unidad: la respuesta al medio en el nivel celular. El estudio de una variedad de procesos de percepción y comunicación en organismos unicelulares sentará las bases para introducir la idea de que las células también son sistemas biológicos capaces de percibir e intercambiar información a través de un modelo análogo al de los organismos macroscópicos. A lo largo de la escuela secundaria, los alumnos ya han tenido oportunidades de acercarse a la noción de célula. En esta oportunidad, el docente promoverá que retomen y profundicen conceptos aprendidos en segundo año, avanzando hacia una comprensión de la célula no como entidad aislada sino en permanente intercambio con el medio externo, incluidas otras células.

El tema podrá introducirse mediante el estudio de una variedad de ejemplos de respuestas celulares (tanto de microorganismos como de células que forman parte de un organismo pluricelular) a estímulos del medio. Por ejemplo, las bacterias se desplazan hacia una fuente de alimento y se alejan de fuentes de sustancias tóxicas. Las células musculares se contraen como respuesta a una señal producida por nervios con las que tiene contacto. Las células de las glándulas sudoríparas también se accionan en respuesta a una señal proveniente de un nervio. Las células de la retina del ojo, como respuesta a la luz, envían una señal a células nerviosas. Los macrófagos del sistema inmune reconocen a bacterias que perciben como extrañas y se unen a ellas para eliminarlas. Una bacteria responde a la presencia de una sustancia comestible produciendo las proteínas necesarias para su degradación. Como respuesta a señales del medio las células de un organismo pueden dividirse, detener su división, cambiar de forma, diferenciarse en un tipo celular, cambiar de posición, producir sustancias específicas o morir. Todos estos son ejemplos que pueden presentarse a los alumnos por medio de textos o videos como casos a analizar para encontrar puntos de contacto con lo estudiado anteriormente sobre el modelo de percepción y extenderlo al nivel celular.

El análisis de estos casos promueve la pregunta clave acerca de cuáles son los mecanismos de que disponen las células para percibir su entorno, sea este el medio físico o las células vecinas en un

organismo pluricelular. *Para dar explicaciones acerca de esta pregunta, se priorizará como modelo conceptual el de la presencia de receptores de membrana que responden a sustancias químicas en el exterior de la célula, aunque se podrá aclarar que existe una gran variedad de otras estrategias de percepción celular.*

Para estudiar esta idea habrá que repasar la noción de membrana que se exploró en 2° año como sistema que separa el medio celular interno del externo y profundizar en aquellas características químicas y estructurales que faciliten la comprensión del fenómeno de comunicación. *En particular, se destacará su constitución lipídica que separa dos medios acuosos (el externo y el interno) y que en esos lípidos "nadan" diversos tipos de proteínas algunos de los cuales son receptores de señales. Estos receptores proteicos deberán presentarse como moléculas que atraviesan la membrana y tienen una parte extracelular capaz de reconocer una señal externa, y una parte intracelular sin entrar en otros detalles.*

Al trabajar la analogía con la percepción de organismos macroscópicos el docente hará hincapié en que este reconocimiento no conlleva ningún tipo de registro consciente o voluntario por parte de la molécula, sino que se basa simplemente en la unión entre señal y receptor. *Se introducirá así el importante concepto de especificidad señal-receptor, mediante el conocido modelo de llave-cerradura, que permite comprender el encaje de dos formas complementarias.*

*La porción intracelular del receptor se caracterizará como una "máquina molecular" capaz de realizar una modificación del medio interno de la célula como respuesta a la señal recibida lo cual redundará en los cambios mencionados al principio de la unidad; es decir, constituyen la respuesta de la célula a las señales o estímulos. No se estudiarán en este nivel los mecanismos por los cuales la respuesta es ejecutada.*

Lo antedicho sobre la percepción en el nivel celular es una simplificación considerable de una serie de fenómenos más complejos y más variados. No obstante, tiene la ventaja de ofrecer un modelo adecuado para la comprensión de una importante variedad de fenómenos informacionales en sistemas biológicos. Por ejemplo, este modelo se podrá tomar como base para aproximar a los alumnos a la comprensión de los fundamentos del sistema inmune. No se trata aquí de profundizar en este sistema tan complejo, sino de ofrecer explicaciones acerca de la especificidad del anticuerpo respecto del antígeno, en su función de reconocimiento y etiquetaje de los cuerpos extraños.

### **Oportunidades pedagógicas**

El estudio de experimentos en animales y plantas brinda la oportunidad de trabajar con los alumnos en torno al análisis de experimentos históricos, analizando las preguntas que los guiaron, los métodos utilizados y las conclusiones a las que llegaron los investigadores.

De los estudios clásicos de respuestas instintivas en animales por parte de Lorenz y Tinbergen surgen interrogantes interesantes a presentar a los alumnos, como qué constituye una señal, y si la capacidad de detectar una señal es innata o adquirida. Este tema ofrece espacio para desarrollar situaciones de enseñanza que giren en torno a la formulación de preguntas y cómo esas preguntas pueden ser abordadas a través de una investigación.

El tema de si existen comportamientos estereotipados en los seres humanos es una cuestión de debate entre los científicos, y se presta para ser abordado a través de situaciones de debate con los alumnos: podrán enfocarse en un determinado comportamiento y debatir en relación a si es innato o aprendido, argumentando en favor o en contra de cada postura, y diseñando estrategias para buscar información que apoye los argumentos.

La comunicación por medio de feromonas ofrece la oportunidad de estudiar las "trampas" para insectos que utilizan a feromonas como cebo. Este es un caso de importancia económica en el agro y un ejemplo de control de plagas que prescinde del uso de insecticidas.

La comunicación entre organismos no es el único tipo de comunicación biológica, ya que un órgano o parte de un organismo puede intercambiar señales con otra parte. Existen experimentos históricos para analizar vinculados a este tema, dando oportunidades valiosas no solo de analizar situaciones de experimentación, sino también de incorporar aspectos históricos a la clase de ciencias. Por ejemplo, Charles Darwin y su hijo Francis realizaron experimentos sobre el fototropismo de plantitas recién germinadas simplemente tapando con una caperuza oscura diferentes partes de la plantita. Mediante este truco (fácilmente reproducible en clase), los Darwin determinaron que la parte del tallo que percibe el estímulo luminoso no es la misma que la parte que responde (curvándose). Este sencillo resultado permite diferenciar entre percepción y respuesta y poner de relieve la comunicación entre diferentes partes de un mismo organismo. El botánico Frits Went usó el mismo sistema que los Darwin y logró aislar la primera hormona vegetal (auxina). Estos experimentos son también fáciles de interpretar y resultan una excelente introducción a la naturaleza química de muchos procesos de comunicación biológica.

Finalmente, en el estudio de la respuesta a nivel celular es interesante hablar sobre el cáncer como una enfermedad en la que las células se vuelven "sordas" a las señales de otras células que les dan el mensaje de que dejen de dividirse. Así, una deficiencia en la percepción celular puede tener un impacto poderoso sobre todo el organismo.

## UNIDAD 2: REGULACIÓN E INTEGRACIÓN DE FUNCIONES

### Expectativas de logro

Al finalizar esta unidad se espera que los estudiantes sean capaces de:

- interpretar casos de comportamiento animal tomando como referencia el modelo de señal-procesamiento-respuesta en el que intervienen las neuronas, identificando las vías aferentes, centros de procesamiento y vías eferentes y a los músculos y glándulas como los efectores de las respuestas;
- establecer relaciones entre la estructura de la célula nerviosa y su función en tanto percepción, procesamiento y producción de respuesta frente a una señal;
- explicar la función de los neurotransmisores y el papel de las proteínas de membrana en relación con la percepción de una señal específica.
- identificar las partes principales del sistema nervioso (central y periférico, autónomo y somático) distinguiendo entre el carácter estructural y funcional de sus divisiones;
- explicar el funcionamiento de los sistemas simpático y parasimpático utilizando ejemplos concretos que refieran a situaciones de alerta y reposo.
- explicar la regulación de la glucemia utilizando los conceptos centrales de la endocrinología: producción de señales químicas, transporte de las mismas, células y tejidos blanco, especificidad señal-receptor, desencadenamiento de la respuesta, acción antagónica de la insulina y el glucagón.
- interpretar la regulación hormonal del desarrollo sexual secundario en términos del modelo señal-procesamiento-respuesta, identificando las glándulas, las señales, los tejidos blanco y las respuestas provocadas en cada caso;
- Comparar el sistema nervioso y el endócrino en relación con el tipo de señal y cómo se produce, cómo se transporta y cuáles son sus efectos.

### Contenidos

**Sistema nervioso.** Vías aferentes y eferentes. Sistema nervioso central y periférico. Órganos efectores: músculos y glándulas. Neuronas. Propagación del impulso nervioso. Sinapsis. Neurotransmisores. Sistema nervioso voluntario y autónomo (simpático y parasimpático).

**Sistema endócrino.** Concepto de glándula, hormona y tejido blanco. Caso A: Rol de las hormonas en la homeostasis. Regulación de la glucemia: Insulina, glucagon y diabetes. Respuesta celular a la acción de la insulina. Caso B: rol de las hormonas en el desarrollo. Hormonas sexuales. La hipófisis como glándula integradora entre el sistema nervioso y endócrino.

## Orientaciones para la enseñanza

Esta unidad aborda la regulación e integración de funciones en los organismos pluricelulares. Para compartir con los alumnos el sentido de estudiar los contenidos de esta unidad, el docente establecerá un puente con los temas abordados en la primera unidad partiendo de una pregunta como la siguiente: ¿cuáles son los mecanismos que hacen posible que los organismos puedan responder al medio como un todo y, en muchos casos, de manera muy rápida? En esta unidad, se profundiza el modelo de percepción estudiado en la primera en tanto la regulación e integración de funciones involucra también procesos de percepción y comunicación a nivel de células y tejidos. Aquí, el medio no es solo el ambiente exterior, sino también otros órganos o tejidos del mismo organismo. Se pone el acento en los mecanismos que hacen posible la acción coordinada de células y tejidos a nivel del organismo completo y su rol en el comportamiento, en el mantenimiento de la homeostasis y en el desarrollo. De este modo, el modelo de percepción que ha sido estudiado como "caja negra" en la unidad 1 se abre al estudiar los mecanismos biológicos que lo hacen posible.

La presentación del sistema nervioso retomará el modelo de percepción ya estudiado y las explicaciones se presentarán como herramienta para comprender más a fondo estos mecanismos en los mamíferos, particularmente en el humano. *Para ello el docente identificará dentro del cuerpo humano las vías aferentes (nervios sensitivos), los centros de procesamiento (en particular el cerebro) y las vías eferentes (nervios motores). La división anatómica entre el sistema nervioso central y el periférico será útil para ayudar a los alumnos a organizar las partes del sistema nervioso de acuerdo con el modelo de percepción, si bien no será necesario detenerse en detalles anatómicos como los nombres de los nervios o regiones del cerebro. Para completar el modelo, se mencionará a las glándulas y a los músculos como órganos efectores de la respuesta del organismo, inervados por los nervios motores. Es de utilidad ilustrar estos conceptos situándolos en los casos de percepción vistos en la primera unidad.*

Una alternativa para introducir el estudio de las neuronas es plantear un problema como el siguiente: ¿cómo hace un organismo complejo cuyas partes están muy alejadas entre sí para responder de manera casi inmediata a un estímulo? *A partir de este problema biológico podrán discutir las características principales de las neuronas: la existencia de muchas dendritas que reciben señales de múltiples neuronas, la presencia de un cuerpo neuronal que integra esas señales y envía una única respuesta a través de un axón, que puede ser muy largo y recorrer grandes distancias en el organismo.* Así, el estudio de la neurona retoma también el modelo de estímulo, procesamiento y respuesta trabajado en la primera unidad.

Al estudiar la estructura y función de las neuronas y el mecanismo de sinapsis, el docente hará notar que la interacción neurotransmisor-receptor en la sinapsis ocurre de manera similar al modelo de llave-cerradura descrito para la percepción celular en la unidad 1 y enfatizará el rol de las proteínas de membrana en la neurona receptora y su especificidad por ciertos neurotransmisores. *No será obligatorio discutir la naturaleza iónica del impulso nervioso en este nivel, pero sí será importante explicar que se trata de una señal que viaja a través de la membrana del axón de la neurona, haciendo la analogía con un cable eléctrico. La función de la vaina de mielina se explicará en términos de una sustancia aislante de la membrana que aumenta la velocidad de propagación del impulso nervioso y permite que las respuestas sean aún más rápidas.*

El ejemplo del comportamiento de huida presentado en la unidad 1 servirá como puente para el estudio del sistema nervioso autónomo, comparándolo con el sistema somático o voluntario y haciendo

hincapié en la manera en que las diferentes respuestas involuntarias contribuyen al mantenimiento de la homeostasis del organismo. Muchas veces los alumnos interpretan que las divisiones del sistema nervioso (central y periférico, voluntario y autónomo-simpático y parasimpático) implican todas estructuras diferentes. Para ayudar a sortear esta confusión, resulta de utilidad discutir con los alumnos que la primera división (central y periférico) es estructural, mientras que la segunda es funcional e implica las mismas estructuras estudiadas.

*A partir del ejemplo de huida podrán introducirse las dos subdivisiones del sistema autónomo: el simpático (que gobierna la respuesta de huida) y el parasimpático, ejemplificando la acción de cada uno sobre estas respuestas y cómo se relacionan con situaciones de alerta y de reposo.*

En la segunda parte de la unidad se estudiará al sistema endócrino como un conjunto de fenómenos biológicos entendibles a partir del modelo de percepción y respuesta a nivel celular que, al igual que el sistema nervioso, permite al organismo responder de manera integrada a los estímulos del medio, si bien de manera por lo general más lenta y sostenida en el tiempo. La respuesta a las señales hormonales que ocurre a nivel tisular y celular brindará el contexto en el cual discutir la acción de las hormonas en dos situaciones de gran importancia biológica: la regulación del medio interno (homeostasis) y la regulación del desarrollo. *Se eligen estos dos casos significativos con la expresa intención de que los alumnos tengan oportunidad de comprender a este sistema en su funcionalidad más que abordar el estudio memorístico de todas las hormonas y su acción.*

*Las bases de la regulación hormonal se abordarán por medio del estudio a fondo de un único caso paradigmático: el de la regulación de los niveles de glucosa en la sangre por parte del sistema insulina-glucagon. Este caso servirá para ilustrar los conceptos centrales de esta parte de la unidad. El caso del desarrollo y otros ejemplos de acción hormonal que se deseen enseñar deberán presentarse por comparación y contraste con este caso. Este sistema es, además, un claro ejemplo de la regulación del medio interno que podrá servir como plataforma para mencionar otros sistemas de control como la regulación hídrica, de electrolitos, presión, temperatura, etc. Estos últimos casos no se deberán estudiar en detalle, pero sí mencionarse a fin de poner de relieve las semejanzas lógicas entre diferentes sistemas de control del organismo (a pesar de que difieran marcadamente en detalles importantes).*

Los alumnos ya han estudiado en primer año la nutrición en una diversidad de seres vivos y conocen el rol de la glucosa en el organismo y el papel del hígado en su almacenamiento. Es importante, entonces, que el docente recupere los saberes de sus alumnos sobre estos temas con el fin de encontrar formas de relacionar los nuevos conocimientos con los que sus alumnos poseen.

La regulación de la glucemia es un fenómeno de enorme riqueza para trabajar con los alumnos, por diversas razones. En primer lugar, el caso ejemplifica conceptos centrales de la endocrinología: el páncreas como productor de señales químicas; el hígado, músculo y otros tejidos como células blanco y el rol central del sistema circulatorio como mecanismo de transporte de señales a todo el organismo que permite la coordinación de funciones. Por otra parte, el receptor de insulina y su acción dentro y fuera de la célula son bien conocidos y permiten conectar claramente esta unidad con la anterior en relación a la respuesta celular al medio. En la unidad siguiente se retomará el rol de la insulina y las enzimas del metabolismo del azúcar como ejemplos paradigmáticos de la acción de las proteínas.

*En el estudio de este caso de regulación hormonal el foco deberá estar puesto en las relaciones funcionales entre los elementos del sistema; no obstante, será necesario que los alumnos sepan ubicar dichos componentes en el cuerpo humano para que puedan situarse en el ejemplo estudiado. Por ejemplo, no será necesario ahondar en la localización o el aspecto de los islotes de Langerhans del páncreas o en la anatomía del hígado. Sí será importante aclarar su doble función (endócrina y exócrina) y destacar su rol como productor de una señal y como sensor de un estado del medio interno (la concentración de glucosa en sangre). El hígado y el músculo se pondrán como ejemplo de tejidos blanco para luego generalizar este concepto cuando se estudien otros ejemplos. No de-*

*berán discutirse los mecanismos enzimáticos de respuesta dentro de las células diana sino simplemente destacar que estos tejidos poseen receptores para la insulina y que ejecutan una respuesta que culmina en el descenso del nivel de glucosa en la sangre, sin discutir los detalles de la misma.* También será importante recordar a los alumnos que tanto los receptores de membrana, las enzimas intracelulares que gobiernan la respuesta de la célula y la insulina misma son proteínas, de manera de tender un puente con la unidad 3.

Las explicaciones sobre los receptores de insulina deberán poner de relieve que la clave de la especificidad de la respuesta está en el encaje único entre señal y receptor debido a sus formas físicamente complementarias. Habrá que recordar por qué otras hormonas no afectarán a estos tejidos y por qué la insulina no tiene efecto en tejidos que carecen de su receptor o que tienen receptores diferentes. Esto deberá generalizarse al funcionamiento del resto de las hormonas.

Luego, deberá estudiarse con detenimiento la lógica general del sistema por el cual existen dos sistemas de señales antagónicas (insulina y glucagón) que conjuntamente mantienen el nivel de glucosa en la sangre en cifras compatibles con el funcionamiento de los órganos, especialmente el cerebro. *Esta comprensión debe alcanzar como para poder comprender las situaciones fisiológicas que se producen después de una comida y tras un largo ayuno. Debe también proveer las bases para comprender las causas de la diabetes, por qué las inyecciones de insulina devuelven a la persona afectada a una situación de glucemia normal y por qué es tan peligroso administrar una sobredosis de esta hormona.*

Una vez estudiado el caso de la regulación de la glucemia, los estudiantes estarán en condiciones de analizar, con un nivel de detalle menor, otros sistemas en los que las hormonas juegan un rol clave. En cada uno de ellos deberán reconocer el órgano productor de señales, las señales involucradas (hormonas), los tejidos blanco, las respuestas que dichas hormonas provocan y la lógica general del sistema en la economía del cuerpo.

Las hormonas sexuales se estudiarán como ejemplo de señales que afectan el desarrollo del organismo, debiéndose concentrar en los efectos que éstas tienen en la pubertad, profundizando los temas estudiados en segundo año en la unidad de reproducción. Será importante volver a insistir sobre la especificidad de las señales, y resaltar que no todos los tejidos responden a las señales sexuales, y que diferentes tejidos responden de manera diferente. Como ejemplo se estudiará también el rol de las hormonas sexuales en el ciclo menstrual, analizando el caso de los anticonceptivos orales en función de la regulación de este ciclo.

Finalmente, se analizará el rol de la hipófisis en la integración del sistema nervioso y endócrino, a partir de algún ejemplo que retome alguno de los casos estudiados anteriormente (como la acción de la hormona de crecimiento sobre la glucemia, o el efecto de la hormona luteinizante o foliculo estimulante sobre los órganos sexuales).

A lo largo de la unidad, una vez que los alumnos han comprendido el funcionamiento básico del sistema endócrino, podrán analizar los distintos ejemplos con autonomía creciente y comprenderlos sobre la base de las primeras explicaciones aportadas por el docente. Se podrán organizar situaciones en las que diferentes grupos busquen información sobre alguna hormona y cada uno organice una clase para explicarlo a sus compañeros. También, organizar situaciones de análisis de algún material de divulgación acerca de hallazgos sobre alguna hormona, en la que los alumnos con la orientación del docente puedan interpretar la información que allí se brinda.

### **Oportunidades pedagógicas**

El estudio del sistema nervioso brinda oportunidades para abordar temas relevantes en relación con la salud y la adolescencia, como los efectos del alcohol y otras sustancias tóxicas legales e ilegales sobre los componentes del sistema. En este punto vale una aclaración: el problema de las adicciones, así como su prevención y atención, va mucho más allá de la comprensión de los efectos de una sustancia tóxica sobre el organismo ya que está relacionado con factores mucho más complejos de índole

emocional, cultural y social. En este sentido, el Diseño Curricular de Biología retoma el enfoque de la materia Construcción de Ciudadanía cuando sostiene que "el análisis del consumo de drogas (legales e ilegales) se desarrolla en general a partir de un enfoque terapéutico. Esto significa que el foco está puesto sobre el comportamiento del individuo, dejando de lado un análisis amplio, que contemple estas cuestiones desde una perspectiva social. De esta forma se pierde de vista que se trata de un fenómeno complejo, que no puede ser abordado desde una sola mirada disciplinar o científica. [...] Hablar de 'las drogas' alude a un conjunto de procesos en los que interactúan de manera contradictoria, compleja y muchas veces conflictiva: los sujetos, las sustancias y los contextos socioculturales".<sup>4</sup> Desde este punto de vista resulta valioso trabajar estos temas con los alumnos desde una mirada plural que les permita discutir con franqueza, poniendo en juego sus ideas respecto del tema y confrontándolas con diferentes tipos de información como artículos de divulgación o el aporte de especialistas.

Comprender el funcionamiento del sistema nervioso permite entender las patologías generadas cuando algunas de sus partes no funcionan bien o se pierden, como en el caso de enfermedades neurodegenerativas como el mal de Parkinson o el de Alzheimer. Si bien el interés de esta Unidad no está puesto en el funcionamiento del sistema nervioso central, brinda oportunidades para incursionar desde un punto de vista divulgativo en este campo sumamente fascinante. El estudio de casos acerca de pacientes con alguna deficiencia neurológica como los planteados en los libros del neurólogo Oliver Sacks brinda una buena oportunidad para analizar el funcionamiento del sistema nervioso y en qué medida nuestros cerebros nos hacen quienes somos.

El tema de la diabetes encierra excelentes oportunidades para todo tipo de proyectos de búsqueda de información con conexiones con problemáticas no sólo de salud, sino económicas y sociales que permiten reflexionar sobre las conexiones entre ciencia, tecnología y sociedad: ¿cómo se trata la diabetes? ¿Qué métodos se han usado para tratarlo en el pasado y cómo se trata ahora? ¿Cuánto dinero mueve esta industria, en manos de quién está? ¿Cuál es la relación entre la epidemia de obesidad que enfrentan muchos países y la diabetes adquirida (de tipo 2)?

Los experimentos históricos sobre la diabetes son fáciles de entender a este nivel y dan ejemplos claros de riguroso pensamiento y procedimiento científico. Un ejemplo de esto son los experimentos de Joseph Von Mering y Oskar Minkowski, quienes lograron producir perros diabéticos por remoción del páncreas. El análisis de estos experimentos da oportunidades muy valiosas de aprender cómo se investiga en biología, en particular en la rama de la fisiología. Será importante recordar a los estudiantes que la estrategia de ablación de órganos en animales es habitual no sólo en estudios endocrinológicos, sino en la biología experimental general, en la cual se destruye una parte del sistema para observar las consecuencias sobre el todo.

El siguiente paso lógico de un experimento de ablación es también una herramienta experimental y conceptual de importancia en la biología: el tratar de remediar el daño por agregado de diferentes subpartes de aquella que se extrajo. Así fue como Frederick Banting fue inyectándole a perros sin páncreas distintas fracciones químicas de homogenato de páncreas hasta que encontró que la insulina revertía el daño causado. Estas dos estrategias fundamentales (remoción de un parte y reintroducción de fracciones de la parte) fueron usadas con enorme éxito por Bernardo Houssay, el gran fisiólogo argentino, quien también estudió aspectos de la regulación de glucemia y cuya figura puede ser oportuno estudiar en este contexto. Como puede verse, abundan las oportunidades de estudiar facetas históricas, como así también la lógica de la experimentación. En cada una de estas oportunidades, el docente puede también detenerse en situaciones de trabajo con preguntas, hipótesis, discusiones, tejiendo una red de actividades con alto significado para las vidas de sus alumnos.

El análisis de experimentos da lugar también a la organización de un debate en torno a la validez de utilizar animales en la experimentación científica. En este caso es fundamental que los alumnos puedan acceder a información sobre las diferentes posturas que existen dentro y fuera de la comunidad científi-

<sup>4</sup> Diseño de Construcción de Ciudadanía, p.167.

ca en relación con este tema y de las razones que esgrimen los diferentes sectores a favor y en contra de estas prácticas. Por otra parte, existen organismos internacionales que establecen normas que regulan estas actividades que también deberán ser consultadas y tomadas en cuenta durante el debate.

Finalmente, el estudio de las hormonas sexuales en el desarrollo brinda una oportunidad valiosa para discutir con los alumnos los condicionantes que existen en las sociedades en relación con la procreación, y que van mucho más allá de las determinaciones biológicas, siendo los patrones culturales los más decisivos. Se podrá trabajar entonces todos aquellos aspectos ligados a una paternidad y/o maternidad responsable en nuestra sociedad. Al igual que en el caso de las adicciones, el tema de la sexualidad y la paternidad excede ampliamente el marco de la Biología ya que incluye aspectos fundamentales de índole social, emocional y cultural. En este sentido, este diseño curricular también retoma el enfoque de la materia Construcción de Ciudadanía, que sostiene que "la sexualidad es una matriz extendida entre lo interno y lo externo, lo biológico, lo psíquico y lo social-cultural, algo que se constituye desde los inicios de la vida de los sujetos y que a su vez lo anteceden en la cultura que lo recibe";<sup>5</sup> Aquí se propone trabajar este tema en clase a partir de esta mirada plural, promoviendo que los alumnos discutan sus ideas y las complementen y confronten con una diversidad de fuentes de información.

## UNIDAD 3: DEL ADN AL ORGANISMO

### Expectativas de logro

Al finalizar esta unidad se espera que los estudiantes sean capaces de:

- explicar, basándose en ejemplos, el rol de las proteínas en la determinación del fenotipo de los organismos;
- relacionar la diversidad de estructuras de las proteínas con la diversidad de funciones que cumplen en el organismo, dando ejemplos de proteínas de diferentes tipos (globulares, fibrosas, etcétera) y sus funciones;
- explicar la acción de las enzimas utilizando la analogía señal-receptor para dar cuenta de su especificidad;
- relacionar la estructura de las proteínas con la información genética apelando al concepto de código genético y traducción.
- interpretar situaciones anómalas de comportamiento o funcionamiento de un organismo en términos de cambios en las proteínas provocadas por mutaciones;
- describir las mutaciones como fallas en el copiado del ADN y ejemplificarlas tomando secuencias hipotéticas de ADN y su correspondiente secuencia de aminoácidos en una proteína también hipotética;
- analizar los ejemplos trabajados en las diferentes unidades (de comportamiento, de funcionamiento de las neuronas o de las hormonas) incorporando al análisis la dimensión molecular: la síntesis de proteínas a partir de la información genética y la transmisión de dicha información de una generación a otra.

### Contenidos

**Las proteínas como moléculas ejecutoras.** Función biológica de las proteínas. Enzimas. Proteínas como polímeros con secuencia. Relación estructura y función en las proteínas.

**El ADN como la molécula portadora de la información para construir las proteínas.** El ADN como polímero con secuencia. Duplicación del ADN. Síntesis de proteínas. El gen como segmento de ADN que codifica una proteína. Mutaciones.

<sup>5</sup> *Ibidem*, p.185.

## Orientaciones para la enseñanza

En esta unidad el eje temático es el rol central de las proteínas como ejecutoras de las funciones biológicas fundamentales y, por ende, como responsables del fenotipo de los organismos y el papel del ADN como la molécula que contiene la información para fabricar dichas proteínas.

La información en sistemas biológicos se aborda aquí desde un punto de vista diferente al de las otras dos unidades, que amplía y complementa el estudiado en éstas. En vez de examinar cómo los sistemas biológicos procesan información proveniente fundamentalmente del medio, en esta unidad se concibe a los seres vivos como la expresión de un programa genético que es, en su naturaleza misma, un cúmulo de información. Se trata de que los alumnos comprendan que el genoma de un organismo puede ser entendido como un manual de instrucciones sobre cuya base este se autoconstruye y mantiene en funcionamiento, que estas instrucciones están escritas en un "soporte", la molécula de ADN, y que son interpretadas por el sistema celular como órdenes ejecutables, cuyo producto final será el fenotipo (es decir, las características físicas, químicas y biológicas) de los sistemas biológicos en cuestión, mediado por la acción de las proteínas.

Se propone abordar la unidad comenzando con el rol de las proteínas como responsables fundamentales de los procesos que ocurren en la célula, para luego avanzar hacia el modo en que se producen esas proteínas. Así, se busca que los alumnos puedan otorgar un significado más cabal a la afirmación habitual de que el ADN contiene la información que determina las características y el funcionamiento de un sistema biológico. Este concepto suele resultar "oscuro" tanto para los alumnos como para adultos no especialistas, debido a que por lo general poseen escasas representaciones previas acerca de estas cuestiones.

El docente planteará situaciones de enseñanza que permitan que los alumnos construyan la idea de que las proteínas son las moléculas ejecutoras por excelencia dentro de la célula, responsables de los procesos que ocurren en todo organismo y, por ende, de sus características. Esta es una idea muy compleja y poco evidente que requiere que docentes y alumnos le dediquen tiempo y esfuerzo.

Para poner en evidencia el rol que juegan las proteínas en la biología de la célula y el organismo, se comenzará retomando las proteínas estudiadas en las unidades anteriores que aportan una buena variedad de funciones, como las proteínas de membrana que permiten el paso de moléculas pequeñas, los receptores de membrana (específicos para una cierta señal), o las proteínas que juegan el rol de señal (como la insulina).

Algunos otros ejemplos interesantes para estudiar en clase son: las proteínas contráctiles del músculo, la queratina del pelo o el colágeno de la piel, la hemoglobina. En todos los ejemplos que se trabajen, el docente deberá poner especial énfasis en hacer visible el rol de las proteínas en el fenotipo del organismo analizando con los alumnos, por ejemplo, las variaciones que se producen entre un organismo y otro cuando una de esas proteínas falta o es levemente diferente.

Dentro de los ejemplos abordados, será fundamental trabajar con los alumnos el caso de las enzimas y su papel clave en el metabolismo celular. Aquí se examinará la idea de enzima como catalizador biológico y se deberá destacar la especificidad enzima-sustrato en el proceso. Esta especificidad deberá compararse deliberadamente con la interacción señal-receptor. Esta analogía ayudará a los alumnos a imaginar a cada enzima como un agente responsable de que cierta reacción química tenga lugar. En este sentido, podrá ser útil visualizar a una enzima como una "máquina" diminuta que está dedicada a la síntesis o destrucción de una sustancia en particular. Con esta visión del metabolismo celular, puede entenderse que todo lo que sucede en el interior de la célula está gobernado por la acción de enzimas u otras proteínas. Como ejemplo significativo se tomarán las enzimas del hígado que regulan la síntesis e hidrólisis de glucógeno, las cuales están reguladas indirectamente por la acción intracelular de los receptores de insulina y glucagon. De esta manera, los alumnos podrán apoyarse en saberes recientemente aprendidos en la unidad anterior, para darles un nuevo significado a partir de la incorporación de nuevos conocimientos, ahora desde el nivel molecular.

Luego de que los alumnos hayan construido la idea de que las proteínas son las responsables de "todo" lo que ocurre en la célula se avanzará hacia el estudio de su estructura molecular. El extenso trabajo anterior sobre la diversidad de funciones que cumplen las proteínas en el organismo genera un terreno fértil para formularse la pregunta acerca de qué tienen en común todas estas moléculas que cumplen funciones tan diversas en el organismo, pero que se las clasifica a todas como proteínas. *Las explicaciones acerca de la estructura deberán enfatizar que son polímeros de veinte unidades (aminoácidos) combinados en secuencias diferentes (se podrá utilizar la analogía de un largo collar con sólo 20 tipos de cuentas, que pueden formar diferentes combinaciones). No será importante estudiar los nombres ni las fórmulas de ninguno de los aminoácidos, sino simplemente reconocer que cada uno tiene propiedades diferentes, las cuales influirán decisivamente en la forma en que la proteína se plegará tridimensionalmente. Esto puede compararse con un collar en el que algunas cuentas están hechas de un material magnético que, debido a la atracción de las mismas, hace que el collar se pliegue en tres dimensiones.*

Es importante recalcar el rol fundamental que tiene la estructura de las proteínas en la determinación de su función, enfatizando que las propiedades físicas, químicas y biológicas de las proteínas (incluida su alta especificidad) dependen de su conformación tridimensional. Aquí se retomarán los ejemplos de proteínas ya vistos, analizando la relación entre su estructura y función (por ejemplo, las proteínas musculares contráctiles, que tienen forma alargada, o las enzimas, que tienen forma globular). Valdrá la pena mencionar también que, además de la secuencia de aminoácidos, la estructura o forma de una proteína también se ve afectada por el medio externo, resaltándose que todo agente que afecte esta estructura (como el pH extremo o las altas temperaturas) producirá una pérdida de función, por ejemplo haciendo que una enzima no reconozca a su sustrato.

Para poder visualizar la estructura de las proteínas modelizada en tres dimensiones es posible acceder a numerosos sitios web que contienen imágenes de muchas proteínas conocidas, que permite interactuar en Internet.

Dado que las proteínas son las principales moléculas ejecutoras de la célula y que su función está dada por su estructura, aquí deberá problematizarse la cuestión de cómo se fabrican esas proteínas y dónde está la información que dice cómo hacerlo. Para ello convendrá introducir algunas preguntas: ¿cómo es que todas las moléculas de la proteína insulina siempre son iguales, dónde está esa información? o ¿por qué una persona anémica siempre fabrica moléculas de hemoglobina con una estructura alterada, dónde está la falla?

Probablemente, durante los intercambios en torno de estas preguntas, los alumnos harán alusión a los genes, o a la información genética e, incluso al ADN como portadores de la información, recuperando algunos conceptos estudiados en segundo año. Estos saberes tal vez incompletos o dispersos que comenzarán a circular en clase, serán la base para introducir al ADN como molécula que contiene esa información, y la necesidad del estudio de su estructura.

Se enfatizará entonces que la información para sintetizar proteínas está "escrita" en moléculas de ADN. En la segunda parte de esta unidad se estudiará el rol del ADN como portador de esta información. Hay dos aspectos a analizar: primero, el rol del ADN como "banco" de información que debe ser conservada por medio de divisiones celulares y transmitida de generación en generación; y segundo, cómo esa información es traducida en la fabricación de proteínas específicas. La estructura del ADN debe ser estudiada a la luz de estas dos funciones.

*Así, se puede subrayar que el ADN es un polímero lineal de cuatro unidades y que la secuencia de estas unidades es portadora de información, del mismo modo en que el orden de los aminoácidos de una proteína tiene información o el orden de las letras en una palabra y de las palabras en una oración. Para transmitir la información de manera fiel de una generación a la siguiente el ADN debe de alguna manera duplicarse de manera más o menos exacta. Aquí se introducirá el concepto de apareamiento de bases y se discutirá de manera sencilla el mecanismo de autoduplicación. De esta*

*forma se comprenderá de manera funcional por qué el ADN es una molécula de doble cadena. Al mismo tiempo que se exploran estos temas, será importante recordar la estructura celular estudiada el año anterior y destacar la localización del ADN dentro de la célula eucariota.*

La síntesis de proteínas es un mecanismo complejo que no deberá abordarse con demasiado detalle. Será esencial que los alumnos puedan comprender que el ADN sirve como molde para la síntesis de las proteínas. Pero el proceso involucra "traducir" un mensaje escrito en un vocabulario de cuatro "letras" a uno escrito en un vocabulario de veinte "letras" diferentes enteramente de las cuatro primeras. Aquí se introducirá el papel del ARN mensajero desde su función como "lector" de este mensaje, que lleva a los ribosomas y al ARN de transferencia como "traductor" del mensaje. *No se pretende aquí que los estudiantes estudien los detalles de las reacciones que suceden dentro de los ribosomas. Sí es importante que comprendan que para traducir un "lenguaje" en el otro tiene que existir una correspondencia que está dada por tripletes o secuencias de tres bases para cada aminoácido.* Ejercitar a los estudiantes en traducciones con el código genético de ciertas proteínas, les permitirá familiarizarse con la lógica de este mecanismo y, a la vez, plantearse algunos problemas como por ejemplo, ¿qué sucedería si faltara, cambiara de lugar, o se saltaran algunas de las bases del ADN?

También, el estudio de la síntesis y estructura de las proteínas es una buena oportunidad para tender un puente con el tema de la nutrición estudiado en primer año. Preguntas como, ¿de dónde provienen las proteínas que tenemos en nuestro cuerpo? ¿Por qué dicen que es importante comer proteínas? y ¿qué ocurre con las proteínas que consumimos? son buenos disparadores para comenzar a integrar dos funciones que en principio parecerían desconectadas, explicitando que en la digestión las proteínas consumidas se desarman en sus respectivos aminoácidos y en la síntesis de proteínas dichos aminoácidos se recombinan para fabricar nuestras proteínas propias.

Al trabajar sobre la duplicación del ADN, se deberá resaltar la universalidad del código genético, común a todos los seres vivos, que constituye una evidencia clave de la existencia de un ancestro común a todos los organismos, esto posibilitará volver sobre un tema que ya se ha trabajado en 2º año. También será importante aprovechar la oportunidad de distinguir entre código genético (las reglas de traducción de bases en aminoácidos) y el genoma, o el cúmulo de información genética de cada individuo o especie (es común en los alumnos escuchar frases como "un animal transgénico tiene cambiado el código genético" que revelan la confusión entre ambos términos). Por otro lado, al final de esta parte de la unidad, el alumno deberá tener claro que un gen es un segmento de ADN que contiene la información para fabricar una proteína. Esta es una definición de gen que profundiza lo estudiado el año anterior en la unidad de genética, en la que un gen se explicó como una unidad de información hereditaria.

Finalmente el estudio del mecanismo de mutación es no solo un importante ingrediente conceptual para comprender el origen de la variabilidad en las poblaciones (generando las bases para el mecanismo de selección natural), sino también una oportunidad para afianzar lo estudiado en relación con la duplicación del ADN y la síntesis de proteínas y lograr conexiones con las unidades anteriores.

El proceso de mutación puede introducirse como una falla en el copiado del ADN que introduce una base equivocada, produciendo un cambio de secuencia. Esto inmediatamente suscita preguntas como, por ejemplo: ¿qué sucede con la secuencia de aminoácidos de una proteína si se cambia la secuencia de ADN por accidente y qué sucederá con la función de esta proteína? Estas preguntas, seguramente, han estado presentes de un modo u otro, a lo largo del trabajo propuesto en este Diseño Curricular y habrán sido respondidas parcialmente, o dejadas en suspenso. Este es un buen momento para retomarlas e intentar darles respuesta a partir de los nuevos conocimientos. A medida que los alumnos avanzan en el estudio de los contenidos de esta unidad, podrán encontrar explicaciones a algunos de estos problemas planteados.

A través del "defecto" puede volver a visitarse los pasos lógicos que vinculan al ADN con el fenotipo: la traducción de la información genética en una determinada proteína, el rol de la estructura tridi-

mensional de la proteína en su función, los roles de las proteínas en el funcionamiento del organismo. Valdrá la pena retomar ejemplos ya estudiados, proponiendo a los alumnos que hipoteticen acerca de los efectos de mutaciones de dichas proteínas. Por ejemplo: ¿Qué sucedería si no tuviéramos hemoglobina? ¿Y si tuviéramos una hemoglobina con un aminoácido clave cambiado? ¿Son heredables estos cambios? Para ilustrar estos conceptos puede resultar de enorme utilidad abocarse al estudio de alguna condición genética en humanos cuya falla molecular sea conocida, como es el caso de la anemia falciforme y otras enfermedades de la sangre. Aquí puede estudiarse cómo el cambio de un aminoácido desencadena una transformación en la estructura molecular que induce la aglomeración de moléculas de hemoglobina, la cual cambia la forma del eritrocito y entorpece su movimiento en el sistema circulatorio con la consecuente gama de síntomas fisiológicos.

*No deberán abordarse detalles acerca de las causas, los mecanismos o los tipos de mutación. En este contexto se considerarán únicamente las mutaciones puntuales concebidas como errores de copia; las deleciones o rearrreglos cromosómicos quedan fuera del alcance de lo que prescribe este Diseño, también el mecanismo de acción de los mutágenos. La mutación se presentará como un fenómeno, que aunque de baja frecuencia, es ubicuo y normal en poblaciones biológicas. Deberá enfatizarse que no toda mutación conlleva la pérdida de la función de las proteínas involucradas. Sí se hará mención a los mutágenos simplemente como agentes que aumentan la frecuencia de las mutaciones, que de ninguna manera dirigen el resultado final de las mismas. Esto servirá para retomar la idea fundamental de que la variación genética no responde a las presiones del medio, sino que el medio se limita a influir las chances de supervivencia y reproducción de las diferentes variantes genéticas.*

La idea de mutación conduce naturalmente a la noción de que cada gen o segmento de ADN puede existir en variantes ligeramente diferentes en su secuencia. Deberá enfatizarse que estas diferencias constituyen la variación genética siempre presente en cualquier población biológica y las diferencias apreciables entre todos nosotros. Es útil en este contexto inducir la conexión lógica entre el concepto de alelo (estudiado el año anterior) y el de variante de un gen. Se podrá por ejemplo especular sobre las proteínas que determinan el largo del tallo de las arvejas de Mendel<sup>6</sup> estudiadas en segundo año, o hablar de condiciones genéticas humanas dominantes o recesivas, como el ejemplo ya mencionado de las mutaciones en el gen de hemoglobina que conduce a anemias (como la falciforme). Así, los estudiantes habrán dado un paso más en la comprensión de los procesos genéticos a través de mecanismos moleculares.

Es importante que los alumnos, al estar concentrados en procesos celulares correspondientes al microcosmos, no pierdan de vista que esa información contenida en el ADN y expresada en las proteínas, toma forma en el organismo completo. Por eso se recomienda que el docente ayude a establecer permanentemente estos puentes proponiendo preguntas o planteando desafíos que pongan de relieve cómo, por ejemplo, una información que estaba en el ADN y que luego se expresó en una proteína que puede ser una hormona, se manifiesta en fenómenos detectables. Como el título de la unidad señala, esta parte del Diseño Curricular quiere enfatizar que la información contenida en la secuencia del ADN puede traducirse en características físicas de un ser vivo, como lo es la capacidad de regular el nivel de glucosa en sangre estudiada en la unidad 2.

### **Oportunidades pedagógicas**

En esta unidad se propone el estudio de una serie de casos de proteínas biológicamente importantes para ejemplificar la relación entre el ADN y las características de un organismo. En todos los casos

<sup>6</sup> Ver "Las leyes de Mendel: desde 1865 hasta ahora" (citado en forma completa en Bibliografía). Este artículo da cuenta de los últimos descubrimientos moleculares en torno a las características originalmente estudiadas por Mendel. En particular, el alelo, que da plantas de tallo corto, afecta una enzima en la síntesis de la gibberelina, una hormona vegetal. Si bien se trata de un artículo científico de cierta complejidad, puede resultar interesante para vincular los conceptos aprendidos en 2º año y en la segunda y tercera unidad de 3º año.

en que sea posible valdrá la pena examinar con cuidado otros aspectos de estas proteínas que van desde sus usos médicos hasta su valor económico, como en el caso de la insulina que se estudió en la segunda unidad. Será importante no perder de vista los temas vistos en las unidades anteriores para poder evocar estos contenidos al discutir la estructura de las proteínas y su relación con el ADN y poder entender la importancia de las ideas aprendidas (que son de naturaleza muy abstracta) en un contexto más amplio.

Por otra parte, el estudio de la síntesis de proteínas da lugar a analizar con los alumnos de qué forma se puede intervenir en el proceso en el caso de algunas enfermedades provocadas por proteínas defectuosas. Un modo de hacerlo es inyectar la proteína alterada o que el organismo no puede fabricar, como en el caso de los diabéticos, a quienes la inyección de insulina les revierte los síntomas de la enfermedad. Otra posibilidad, mucho más compleja pero que la medicina está explorando activamente, es la introducción de secuencias de ADN para la proteína que se desea sintetizar en ciertas células, lo que se conoce como terapia génica. Lo importante aquí será que los alumnos puedan, a partir de comprender el mecanismo de síntesis de proteínas, imaginar etapas del proceso en las que se podría intervenir, y cotejarlo con técnicas que se utilizan actualmente.

Esta es un oportunidad también para discutir aunque brevemente el concepto de transgénesis. Si un gen es un segmento de ADN con una determinada información y todos los organismos tenemos ADN en nuestras células, en principio es posible transferir trozos específicos de ADN de un organismo a otro y por lo tanto cambiar su constitución genética. Puede entenderse fácilmente cómo ahora una planta puede producir una proteína humana de interés como la insulina. También nos permite volver a la idea de que caracteres complejos como la resistencia a un herbicida pueden ser reducidos en muchos casos al accionar de una sola proteína.

# ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN

En este Diseño Curricular se entiende por evaluación a un conjunto de acciones continuas y sostenidas en el desarrollo de los procesos de enseñanza y de aprendizaje que permite obtener información y dar cuenta de cómo se desarrollan ambos procesos. La evaluación se realiza en vistas a la posibilidad de ajustar, en la propia práctica, los errores o aciertos de la secuencia didáctica propuesta en función de los aprendizajes de los alumnos.

Todo proceso de evaluación (tanto de los aprendizajes de los alumnos como de las situaciones de enseñanza implementadas) es parte integrante del proceso de enseñanza. En tal sentido, la evaluación debe formar parte de la planificación docente en función de lo que se enseña y de lo establecido en las expectativas de logro.

Es posible reconocer dos cuestiones fundamentales a evaluar:

- los aprendizajes de los alumnos;
- el proceso de enseñanza.

Toda evaluación requiere, previamente, de la formulación y explicitación de los criterios que se utilizarán tomando como referencia las expectativas de logro. Es necesario que los criterios sean conocidos y compartidos con los alumnos puesto que se trata no solo de que aprendan determinados contenidos, sino de que aprendan a identificar cómo han logrado este aprendizaje. Para ello será fundamental enseñarles a evaluar la marcha de un proyecto o el desempeño dentro de un grupo, estableciendo conjuntamente con ellos cuáles serán los criterios más convenientes para juzgar la pertinencia de cierto argumento o el cumplimiento de las normas para el trabajo grupal. La posibilidad de reflexionar sobre la evolución de los aprendizajes propios y ajenos, a partir de criterios que fueron explicitados y compartidos, ayuda además a identificar con los alumnos aspectos conceptuales o procedimentales que no han quedado suficientemente claros, así como a plantear caminos de solución a los problemas que se han detectado.

Por otra parte, toda actividad que se realiza en las aulas puede pensarse como un indicador acerca del avance y de los obstáculos de los procesos de enseñanza y de aprendizaje en su conjunto, por lo cual es importante disponer de instrumentos para obtener esta información.

Los distintos instrumentos de evaluación informan parcialmente acerca de lo aprendido por los alumnos. Los informes de laboratorio, los cuestionarios, las presentaciones orales o la escritura de ensayos argumentativos, por ejemplo, dan herramientas al docente para analizar ciertos aspectos de los aprendizajes de los alumnos y no otros. Por lo tanto, será importante variar las estrategias utilizadas para que los alumnos experimenten una gama de instrumentos diferentes y puedan poner a prueba sus aprendizajes en distintos formatos y en variadas circunstancias.

Finalmente, dado que las situaciones de enseñanza propuestas en este diseño apuntan a que los alumnos aprendan integradamente conceptos y modos de pensamiento de la Biología y procedimientos de ciencia escolar, los instrumentos de evaluación que se diseñen deberán contemplar de manera integrada todos estos contenidos enseñados. En este sentido las expectativas de logro definidas para cada unidad servirán como orientadoras para evaluar los aprendizajes de los alumnos.

# BIBLIOGRAFÍA

## BIOLOGÍA GENERAL

- Asimov, Isaac, *Breve Historia de la Biología*. Buenos Aires, Eudeba, 1975.
- Curtis, Helena; Barnes, Sue.; Schnek, Adriana y Flores, Graciela, *Biología*. Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana, 2000.
- Giordan, Andre y otros, *Conceptos de biología (tomo I y II)*. Madrid, Labor, 1988.
- Mayr, Ernst, *Así es la Biología*. Madrid, Debate, 1998.
- Vilee, Claude, *Biología*. México, Mc Graw Hill, 1992.

## BIOLOGÍA DEL COMPORTAMIENTO Y SISTEMAS NERVIOSO Y ENDÓCRINO

- Bonner, John, *La evolución de la cultura en los animales*. Buenos Aires, Alianza, 1980.
- Droscher, Vitus, *Un cocodrilo para desayunar: historias sorprendentes de la conducta animal*. Buenos Aires, Planeta, 1981.
- Golombek, Diego, Cavernas y Palacios, *En busca de la conciencia en el cerebro*. Buenos Aires, Ada Korn Editores, 1999.
- Golombek, Diego, *Cerebro: últimas noticias*, Buenos Aires, Colihue, 1998.
- Lorenz, Konrad, y Leyhausen, Paul, *Biología del comportamiento*. Buenos Aires, Siglo XXI, 1971.
- – –, Lorenz, Konrad, *Fundamentos de la etología*. Buenos Aires, Paidós, 1986.
- – –, Lorenz, Konrad, *Hablaba con las bestias*. Buenos Aires, Tusquets, 2002.
- Sacks, Oliver, *El hombre que confundió a su mujer con un sombrero*. Barcelona, Muchnik Editora SA, 2001.
- – –, Sacks, Oliver, *Un Antropólogo en Marte*. Barcelona, Anagrama, 1997.
- – –, Sacks, Oliver, *La Isla de los ciegos al color*. Buenos Aires, Norma, 1996,
- Tinbergen, Niko, *Naturalistas curiosos*. Barcelona, Salvat, 1986.
- Thorpe, William, *Breve historia de la etología*. Madrid, Alianza, 1979.
- Weisman, Eberhard, *Los rituales amorosos*. Barcelona, Salvat, 1986.
- Viendo, oyendo y oliendo el mundo: <http://www.hhmi.org/senses-esp/>

## GENÉTICA Y PROTEÍNAS

- Alberts, Bruce y otros, *Biología molecular de la célula*. Barcelona, Omega, 1996.
- Dawkins, Richard, *El gen egoísta*. Barcelona, Salvat, 1994.
- De Robertis, Eduardo, *Fundamentos de biología molecular y celular*. Buenos Aires, El Ateneo, 1998.
- Gellon, Gabriel, *El huevo y la gallina. Manual de instrucciones para construir un animal*. Buenos Aires, Siglo XXI, 2005.
- Handel, María y otros, *Actualizaciones en Biología*. Buenos Aires, Eudeba, 1999.
- Flores, Graciela y otros, *Algunos aspectos de la didáctica de la genética. Cuaderno de trabajo para el aula*. Buenos Aires, Prociencia, CONICET, 1999.
- Lewontin, Richard, *Genes, organismo y ambiente*. Barcelona, Gedisa, 2000.
- Massarini, Alicia y Liascovich, Rosa, *Biología 2. Genética y Evolución*. Buenos Aires, Kapelusz, 2001.
- Monod, Jacques, *El azar y la necesidad*. Barcelona, Tusquets, 2002.
- Schnek, Adriana y otros, *Biología celular*. Buenos Aires, Prociencia, CONICET, 1997.
- Watson, James, *La doble hélice*. Madrid, Alianza, 2005.
- El mundo de Dawkins: <http://www.simonyi.ox.ac.uk/dawkins/WorldOfDawkins-archive/index.shtml>
- Las leyes de Mendel: desde 1865 hasta ahora: <http://seg.umh.es/Boletines/beseg/beseg18/beseg18.pdf>

## BIBLIOGRAFÍA SOBRE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES

- 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.
- Aduriz Bravo, Agustín, "¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias? Una cuestión actual de la investigación didáctica" en [http://www.unesco.cl/medios/biblioteca/documentos/que\\_naturaleza\\_de\\_la\\_ciencia\\_hemos\\_de\\_saber\\_los\\_profesores.pdf?menu=/ing/biblio/](http://www.unesco.cl/medios/biblioteca/documentos/que_naturaleza_de_la_ciencia_hemos_de_saber_los_profesores.pdf?menu=/ing/biblio/)
- Astolfi, Jean Pierre, *Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas*. Sevilla, Diada, 2001.
- Del Carmen, Luis y otros, *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona, ICE / Horsori, 1999.
- Driver, Rosalind, Guesne, Edith y Tiberghien, Andree, *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid, Morata, 1989.
- 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, Gerard, *Alfabetización científica y tecnológica*. Buenos Aires, Colihue, 1998.
- Fumagalli, Laura, *El desafío de enseñar ciencias naturales*. Buenos Aires, Troquel, 1993.
- Furman, Melina y Zysman, Ariel, *Ciencias Naturales: Aprender a investigar en la escuela*. Buenos Aires, Novedades Educativas, 2001.
- García, José y García, Francisco, *Aprender investigando*. Sevilla, Diada, 1989.
- Gellon, Gabriel y otros, *La ciencia en el aula. Lo que nos dice la ciencia sobre cómo enseñarla*. Buenos Aires, Paidós, 2005.
- Gil, Daniel y otros, *La enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona, ICE / Horsori, 1991.
- Giordan, Andre, *La enseñanza de las Ciencias*. Madrid, Siglo XXI, 1982.
- Jiménez Aleixandre, María y otros, *Enseñar ciencias*. Barcelona, Graó, 2003.
- Johsua, Samuel y Dupin, Jean-Jacques, *Introducción a la Didáctica de las Ciencias y la Matemática*. Buenos Aires, Colihue, 2005.
- Jorba, Jaume., Gómez, Isabel y Prat, Angels, *Hablar y escribir para aprender*. Universidad Autónoma de Barcelona, Síntesis, 1998.
- Kaufman, Myriam y Fumagalli, Laura, *Enseñar Ciencias Naturales. Reflexiones y propuestas didácticas*. Buenos Aires, Paidós, 1999.
- Lacreu, Laura (comp.), *El agua: saberes escolares y perspectiva científica*. Buenos Aires, Paidós, 2004.
- Levinas, Leonardo, *Ciencia con creatividad*. Buenos Aires, Aique, 2007.
- Osborne, Roger y Freyberg, Meter, *El Aprendizaje de las Ciencias. Implicaciones de la ciencia de los alumnos*. Madrid, Narcea, 1991.
- Porlan, Rafael (comp.), *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*. Sevilla, Diada, 1988.
- Papp, Desiderio, *Ideas revolucionarias en la ciencia*. Chile, Editorial universitaria, 2003.
- Pozo, Juan Ignacio, *Aprendizaje de la Ciencia y pensamiento causal*. Madrid, Visor, 1987.
- Pozo, Juan Ignacio y Gómez Crespo, Miguel Angel, *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid, Morata, 2000.
- Shayer, Michael, y Adey, Philip, *La Ciencia de enseñar Ciencias*. Madrid, Narcea, 1984.
- Weissmann, Hilda (comp.), *Didáctica de las Ciencias Naturales. Aportes y reflexiones*. Buenos Aires, Paidós, 1993.
- Weissmann, Hilda, "La enseñanza de las ciencias naturales. Un área de conocimiento en pleno debate" en laies, Gustavo (comp.), *Didácticas especiales. Estado del debate*. Buenos Aires, Aique, 1993.

## PÁGINAS EN INTERNET

<http://www.ciencia-hoy.retina.ar>

<http://www.unesco.org/courier>

[www.simonyi.ox.ac.uk/dawkins/WorldOfDawkins-archive/index.shtml](http://www.simonyi.ox.ac.uk/dawkins/WorldOfDawkins-archive/index.shtml)

<http://www.ciencianet.com>:

[http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/cc\\_naturales](http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/cc_naturales)

<http://redteleform.me.gov.ar>

<http://www.aula21.net>



# FISICOQUÍMICA

## LA ENSEÑANZA DE LA FISICOQUÍMICA EN EL 3º AÑO DE LA ES

En el mundo académico, la Físicoquímica existe como disciplina, con su recorte específico, y tiene por objeto de estudio los temas que están en el borde entre ambas disciplinas (la Física y la Química), como la termodinámica y la física del átomo, entre otras.

No obstante, la propuesta de Físicoquímica para la ES no guarda una relación estricta con la disciplina científica y se constituye como una materia que tiene las características propias de una *disciplina escolar*, es decir una reorganización y adaptación de contenidos científicos con sentido escolar.

Los contenidos seleccionados para 3º año, tienen sus referentes disciplinares en la Física y en la Química y su tratamiento resulta imprescindible para la formación presente y posterior. Físicoquímica incluye temas que son propicios para ampliar el espectro de conceptos, ya adquiridos, tanto en profundidad como en extensión lo que posibilita abordar una multiplicidad de fenómenos naturales (la radiación, la radiactividad, los intercambios de calor entre sistemas, la corpuscularidad de la materia, el modelo atómico, entre otros). Es pertinente destacar que los contenidos fueron seleccionados de modo tal que el planteo sea integrado entre 1º y 2º año de la ES.

---

Cabe aclarar que desde la perspectiva de este Diseño Curricular no se pretende trabajar temas de Física en un periodo y de Química en otro.

Al seleccionar los contenidos vinculados con la Química y la Física para los tres años de la ES se estableció una progresión explícita de los mismos –tanto en los aspectos conceptuales como en los vinculados con los procedimientos de las ciencias– que permitieron construir progresivamente con los alumnos redes temáticas y actividades cada vez más complejas. Esto define una relación entre los contenidos de los tres primeros años de la secundaria tal que los de este 3º año se apoyan en los contenidos y las prácticas realizadas durante 1º y 2º año y continuarán complejizándose posteriormente. Al respecto puede verse el cuadro sobre Progresión de contenidos de Ciencias Naturales / Físicoquímica en la ES que se presenta al final de este apartado.

De este modo, el Diseño Curricular de 1º año tiene una orientación de carácter fenoménico y descriptivo –nivel macroscópico– centrada en la observación sistemática, los procesos de medición y clasificación y la introducción de términos específicos para precisar el contenido de las observaciones.

Luego, en 2º año se avanza en la conceptualización de los fenómenos a partir de dos vertientes:

- a. la introducción de la disciplina escolar Físicoquímica como forma de focalizar cada vez más el objeto de estudio y reconocer las características comunes y también las diferencias entre las visiones de las distintas ciencias;
- b. el trabajo con modelos científicos escolares incorporando conceptos más abstractos y referencias a otros niveles de descripción –nivel microscópico y atómico-molecular– en las explicaciones y justificaciones de los mismos.

Finalmente, en 3º año se mantiene la misma organización de disciplinas escolares y el trabajo sobre modelos, incorporando tres características en el proceso de construcción de la ciencia escolar:

- a. el estudio de las transformaciones y evoluciones de los sistemas físicos y químicos en el tiempo, configurando la idea de proceso, en el que es posible identificar tanto cambios, como conservación de algunos parámetros;

- b. una progresión hacia el uso de modelos científicos escolares más complejos e imprescindibles para la continuidad de los estudios;
- c. una profundización de los alcances de la *alfabetización científica* a través de la valoración crítica del impacto de algunas aplicaciones tecnológicas que se derivan de los desarrollos científicos.

**Cuadro 1. Progresión de contenidos de Ciencias Naturales / Físicoquímica en la ES**

Año	1º año	2º año	3º año
Materia	Ciencias Naturales	Físicoquímica	Físicoquímica
Conceptos metadisciplinarios	Sistema, Interacción, Diversidad, Cambio	Sistema, Interacción, Representación, Cambio	Proceso, Cambio, Conservación
Niveles de descripción	Lo macroscópico, lo fenomenológico. De lo cotidiano a lo científico	De lo micro a lo macro y de lo macro a lo micro	Continuidades y cambios. La evolución de los sistemas
Organizadores temáticos	<b>Metodológico</b> El uso de conceptos precisos para la descripción. Familiarización con el lenguaje de las ciencias naturales	<b>Metodológico</b> Introducción al uso de simbolismo en ciencias: ecuaciones, cuantificación. Modelos y representaciones.	<b>Metodológico</b> Introducción de leyes de variación y conservación. Modelos explicativos. Simbolismo y ecuaciones químicas y físicas
	<b>Concepción de ciencia y de trabajo científico</b> Características del proceso de construcción del conocimiento científico.	<b>Concepción de ciencia y de trabajo científico</b> La construcción de modelos como proceso propio de representación de fenómenos naturales.	<b>Concepción de ciencia y de trabajo científico</b> El empleo de modelos abstractos en la explicación/predicción de procesos físicos y químicos. Análisis crítico de interacciones CTS
	<b>Conceptual/disciplinar</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los materiales y sus propiedades</li> <li>• Energía; diversidad y cambio</li> <li>• La vida: unidad y diversidad</li> <li>• Los Seres vivos como sistemas abiertos que intercambian materia y energía</li> <li>• El cuerpo humano como sistema</li> </ul>	<b>Conceptual/disciplinar</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La naturaleza corpuscular de la materia</li> <li>• El carácter eléctrico de la materia</li> <li>• Magnetismo y materia</li> <li>• Fuerzas y campos</li> </ul>	<b>Conceptual/disciplinar</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructura de la materia</li> <li>• Transformaciones de la materia</li> <li>• Intercambios de energía</li> </ul>
Niveles de análisis de los sistemas (*)	FENÓMENOS	MODELOS	PROCESOS
Niveles de comprensión y características (*)	HECHOS O DATOS Los procesos y fenómenos naturales se describen en función de las propiedades y cambios observables.	CAUSALIDAD (de simple a múltiple) Los procesos y fenómenos naturales se explican mediante relaciones causales simples que evolucionan a distintos grados de complejidad.	CAMBIO – CONSERVACIÓN Las propiedades de los procesos y fenómenos naturales se interpretan como un sistema de relaciones de interacción recíproca acorde a distintas leyes.
Niveles de interacción con textos/ comprensión lectora (*)	Leer textos descriptivos.	Leer textos explicativos.	Leer textos argumentativos.
	Escribir: describir/definir	Escribir: explicar. Modelizar.	Escribir: justificar, argumentar

(\*) Estos niveles no son excluyentes, sino progresivos. En cada año se retoman y profundizan para la explicación más amplia y detallada de los fenómenos considerados.

## EXPECTATIVAS DE LOGRO

A partir de los contenidos de este año y en consonancia con el enfoque presentado, se espera que, a partir de la tarea desarrollada, los alumnos:

- establezcan relaciones de pertinencia entre los datos experimentales y los modelos teóricos;
- utilicen técnicas y estrategias convenientes para la resolución de problemas de ciencia escolar;
- describan los procesos fisicoquímicos mediante las expresiones adecuadas, sean éstas simbólicas, matemáticas o discursivas;
- diseñen y realicen trabajos experimentales de ciencia escolar utilizando instrumentos y/o dispositivos adecuados, que permitan contrastar las hipótesis formuladas sobre las problemáticas vinculadas a los contenidos específicos;
- interpreten las transformaciones de la materia a partir de una concepción corpuscular y eléctrica de la misma;
- empleen el lenguaje simbólico y matemático para expresar relaciones específicas entre variables que afecten a un sistema físico;
- interpreten adecuadamente las ecuaciones químicas y nucleares, como representaciones de procesos, en los que se establecen relaciones de conservación;
- efectúen predicciones cualitativas y cuantitativas de la evolución de un sistema a partir de las ecuaciones o leyes que describen su evolución;
- valoren críticamente el impacto de las aplicaciones tecnológicas de distintos procesos físicos y químicos.

# ORGANIZACIÓN DE LOS CONTENIDOS

Dentro de este Diseño Curricular, los contenidos de Físicoquímica de 3° año se han seleccionado de acuerdo con los siguientes criterios:

- relevancia y actualidad;
- adecuación a los fines de la Educación Secundaria;
- pertinencia en relación con los propósitos y el enfoque para la enseñanza;
- relación de continuidad y progresiva complejización respecto de los temas trabajados en los dos años anteriores de la Educación Secundaria.

Es preciso recordar que los contenidos tienen carácter prescriptivo y constituyen los conocimientos que serán objeto de enseñanza a lo largo del año. Sin embargo, el orden de los contenidos que se establecen, no implica una estructura secuencial única dentro del aula. En este sentido, el Diseño posibilita diferentes alternativas respecto a la secuenciación de los contenidos, en función de las diversas integraciones que puedan realizarse con ellos. Será el docente quien tenga a su cargo la organización y la secuenciación más apropiada conforme a las condiciones del contexto en que desarrolle su tarea. Los contenidos seleccionados se han organizado jerárquicamente de la siguiente manera:

- ejes:** su denominación da un sentido y una unidad a los contenidos (por ejemplo, las reacciones químicas y las nucleares se incluyen dentro del eje Transformaciones de la materia). Los ejes temáticos son nociones generales científicas que posibilitan la comprensión de los fenómenos físicos y químicos, según las interpretaciones teóricas actuales;
- núcleos temáticos:** organizados por afinidades en relación con los ejes temáticos propuestos (por ejemplo, los contenidos referentes a las reacciones químicas, constituyen un núcleo);
- conceptos organizadores:** actúan como orientadores e integradores de los conocimientos procedentes de las dos disciplinas que componen la Físicoquímica. Para este 3° año estos conceptos son *proceso, cambio y conservación*.

La noción de *proceso* refiere a la evolución temporal entre estados de los sistemas, en la que se producen transformaciones que se manifiestan por el cambio y/o la conservación de los valores de algunas magnitudes.

Las nociones de *cambio* y *conservación*, como par de opuestos, permiten una comprensión global de los procesos físicos y químicos dando cuenta de las transformaciones ocurridas en un sistema, tanto a partir de las magnitudes que permanecen invariantes como de las que se alteran. Respecto de la noción de conservación es importante hacer una aclaración. Las magnitudes conservadas durante un proceso pueden ser de dos tipos:

- a. discretas, como el número de átomos o partículas durante una dada reacción o,
- b. continuas, como podría ser el caso de la corriente eléctrica, el caudal, la energía, o la masa.

En los años anteriores (1° y 2°) se ha trabajado primordialmente con la conservación de la energía o de la corriente eléctrica como magnitudes continuas, y este año se introducen magnitudes discretas como el número de átomos o partículas en una reacción química o nuclear que se tratan en el eje *Transformaciones de la materia*.

Si bien la evaluación de la conservación de cantidades discretas puede hacerse por simple conteo a ambos lados de la ecuación que representa el proceso, también es cierto que las cantidades involucradas en estas conservaciones son de carácter más abstracto, ya que se trata de número de átomos (en las reacciones químicas) o número de nucleones (en las reacciones nucleares).

En el siguiente esquema puede verse las distintas jerarquías y su organización.



Es importante tener en cuenta que existen relaciones múltiples entre los contenidos incluidos en cada núcleo, lo que permite abordarlos desde muy diversas secuencias y organizaciones. A su vez, la organización de los núcleos no obedece a las secuencias ni a los ordenamientos disciplinares clásicos porque se busca, justamente, favorecer un abordaje escolar.

Asimismo, todos los contenidos a trabajar durante este año están necesariamente atravesados por cuestiones propias de la producción de conocimiento científico y las relaciones dialécticas que se establecen entre ciencia y sociedad. Estas problemáticas referentes a la investigación científica y tecnológica, se constituyen, así, en contenidos específicos de esta materia que se abordan junto con los conceptos en cada uno de los núcleos temáticos, para conformar una construcción consistente con el enfoque didáctico propuesto que implica la enseñanza de los contenidos junto con la reflexión sobre la ciencia, su metodología, sus alcances y las repercusiones para la vida social [ver Imagen de ciencia e implicación para su enseñanza, p. 24].

De acuerdo con los contenidos previstos para este año, resulta conveniente tratar primero los temas vinculados a la estructura del átomo, de modo que, una vez identificada la constitución por niveles de energía dentro del mismo, se pueda establecer la importancia del último nivel de electrones para el estudio de la naturaleza de las uniones químicas entre átomos. El tratamiento de las cuestiones vinculadas a las reacciones, tanto químicas como nucleares, debería ser posterior al estudio del modelo atómico, de manera que se puedan construir previamente nociones como las de elemento y átomo para poder reconocer la invariancia o el cambio de ciertas magnitudes en cada uno de los procesos mencionados.

# DESARROLLO DE CONTENIDOS

## EJE: LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA

### La estructura del átomo

*Partículas subatómicas: electrones, protones y neutrones. Niveles de energía electrónicos. Distribución de electrones por nivel. Tabla periódica. Estructura del núcleo. Número atómico y número de masa. Isótopos.*

En este núcleo de contenidos se pretende retomar la estructura del átomo ya vista en el 2º año para profundizar en su estructura interna. El alcance que se pretende lograr es el de un *modelo escolar* que combina características del modelo atómico de Bohr (las órbitas estacionarias, los niveles energéticos para los electrones) con resultados provenientes del modelo moderno en lo que respecta al número máximo de electrones por nivel (número máximo  $2n^2$ ). El núcleo, constituido por protones y neutrones, concentra la carga positiva del átomo y casi toda su masa, y los electrones (de carga negativa) orbitan alrededor del mismo en niveles estacionarios de energía. La presentación del modelo escolar propuesto puede hacerse a partir de establecer una analogía entre éste y el sistema solar [ver Utilizar modelos, p. 94].

Esta perspectiva permite retomar y profundizar conceptos ya trabajados como los de composición del átomo, partículas subatómicas y número atómico, incorporando a la composición atómica los neutrones como partículas sin carga dentro del núcleo y con una masa semejante a la del protón y la noción de nivel de energía como la región en la que se encuentran los electrones. En esta línea, es posible introducir el concepto de número de masa ( $A$ ) como la suma de la cantidad de protones y neutrones en el núcleo atómico. De esta manera, se clasifican los átomos de acuerdo con su número atómico ( $Z$ ) y su número másico ( $A$ ) recordando entonces que el lugar en la tabla queda definido por el número atómico y, que para un mismo número atómico, los distintos números másicos dan lugar a los isótopos del elemento en cuestión. La evolución lógica sería plantear, a continuación, el concepto de isótopo como clase de átomos de un mismo elemento que difieren en su composición nuclear tal que, aún con un mismo número atómico, varía su número de masa.

Al tratar los temas del núcleo es necesario hacer referencia a dos aspectos:

- las dimensiones típicas de los núcleos atómicos comparadas con las del átomo, para dar una idea de los órdenes de magnitud de las mismas, tema que ya fue trabajado en el año anterior;
- la necesidad de imaginar la existencia de una "fuerza entre nucleones" que mantenga unidas a las partículas positivas en el núcleo que, por el efecto de la repulsión electrostática coulombiana, deberían alejarse unas de otras desarmando al núcleo. Esto permite introducir la noción de energía nuclear, vinculada a esta "interacción" que mantiene unidas a las partículas nucleares.

Dentro de este núcleo de contenidos es posible retomar algunos de los aspectos propuestos para 2º año en el eje Fuerzas y Campos, mencionando que en el modelo de Bohr los electrones se mantienen orbitando debido a la fuerza eléctrica de atracción con el núcleo, de la misma manera en que lo hacen los planetas alrededor del Sol. Por otra parte, es interesante mencionar que los electrones que se ubican en orbitas más externas están unidos más débilmente al núcleo (la fuerza disminuye con la distancia) y por lo tanto estos electrones más externos son más "fáciles" de intercambiar y son los que participan de las reacciones químicas.

## Expectativas de logro

- Caracterizar la estructura interna del átomo de acuerdo con el modelo escolar presentado, reconociendo la existencia de un núcleo y niveles electrónicos de energía.
- Inferir, a partir de los números atómico y másico de un átomo dado, la cantidad de protones, neutrones y electrones que lo componen.
- Escribir la distribución de electrones por niveles para un átomo dado.
- Utilizar adecuadamente la tabla periódica de los elementos para obtener información de la estructura atómica de un elemento dado.
- Reconocer la existencia de isótopos de un elemento a partir de los distintos valores de sus números másicos.
- Describir el tipo de fuerzas en el átomo y su relación con los procesos físico-químicos.
- Analizar críticamente los alcances y limitaciones de la analogía planteada entre el modelo atómico trabajado y el sistema planetario.

## Uniones químicas

*Unión iónica y unión covalente. Electronegatividad. Diagramas o estructuras de Lewis. Fórmulas de sustancias binarias de compuestos sencillos. Teoría de la repulsión de pares electrónicos de valencia (TRPEV). Geometría molecular de compuestos binarios sencillos. Nomenclatura de compuestos binarios (óxidos, hidruros, hidrácidos y sales binarias).*

En este núcleo de contenidos se pretende iniciar a los alumnos en los diferentes modelos explicativos de las uniones químicas proponiendo, por una parte, clasificar a las sustancias estudiadas de acuerdo con el tipo de unión química que prevalezca en ellas (iónica o covalente) y, por otra, llegar a la predicción de geometrías moleculares para moléculas binarias sencillas.

En este año, se trabajarán sólo uniones clasificadas como iónicas o covalentes, utilizando como criterio de delimitación la diferencia entre los valores de electronegatividad de los elementos que la forman, en lugar de la distinción metal-no metal (para iónicos) o no metal-no metal (en el caso de covalentes). El límite establecido será:  $\Delta E_n = 2,1$ .<sup>1</sup> En tal sentido, es conveniente que el docente seleccione sustancias binarias cuyos enlaces puedan ser considerados prototípicos de los enlaces iónicos o covalentes y cuyos elementos cumplan con la regla del octeto.

Se utilizarán diagramas de Lewis para la representación de estructuras con ambos tipos de enlace (iónico y covalente). *Estas representaciones deben ser pensadas como un medio para la enseñanza de los enlaces químicos y no un fin en sí mismo; reducir el aprendizaje a esta instancia implicaría limitar la capacidad explicativa del modelo del enlace químico.*

Las geometrías podrán deducirse a partir de las estructuras de Lewis y de los postulados de TRPEV correspondientes. Es importante aclarar que esto no significa agotar este tema en el sentido de abarcar toda la diversidad de geometrías posibles, sino trabajar a partir de moléculas binarias que, siendo sencillas, representan sustancias de uso frecuente en la experiencia cotidiana de los alumnos y que serán utilizadas al tratar los contenidos referidos a reacciones químicas. Por ejemplo, moléculas como las de agua, metano, amoníaco, óxidos de azufre –presentes en la lluvia ácida– entre otras, permitirán ejemplificar los diferentes tipos de geometrías presentes en compuestos binarios. Por otra parte, y además de ser prototipos de estos modelos, estas moléculas son utilizadas al trabajar sobre el núcleo de contenidos de reacciones químicas. El recurso a la geometría molecular permitirá que los alumnos adquieran la noción de que las moléculas poseen una determinada forma, dada por la distribución tridimensional de sus átomos. *Por eso, es conveniente que los alumnos construyan modelos moleculares con materiales concretos, de modo que puedan visualizar la ubicación espacial de los átomos*

<sup>1</sup> Se considerará iónicas a aquellas sustancias en las cuales el valor de  $\Delta E_n > 2,1$  y covalentes a las demás. Se excluyen de este criterio las sustancias metálicas.

y la forma de la molécula correspondiente. En este sentido, es tarea del docente mostrar las implicancias del modelo propuesto y resaltar al momento de la construcción, qué representa cada cosa y cuáles son los límites del ícono, así como precisar las cuestiones referidas a los ángulos de enlace y la correcta construcción de los modelos moleculares. La idea de la ubicación espacial de los átomos también se explicitará al trabajar con estructuras de compuestos iónicos. En este último caso, no se pretende profundizar en los modelos de las diferentes redes cristalinas, sino presentar modelos de estructuras cristalinas prototípicas con el propósito de ejemplificar la idea anterior.

Al tratarse los enlaces iónicos se introducirán las ecuaciones químicas que simbolicen los procesos de formación de iones. Es conveniente advertir que estas hemi-ecuaciones representan un nivel de abstracción diferente al involucrado en las representaciones de las ecuaciones químicas trabajadas durante 2º año y que el cambio químico ocurrido requiere de dos hemi-ecuaciones para su representación completa. Es necesario enfatizar en esta instancia en la conservación de la carga durante el proceso redox. Cada una de estas hemi-ecuaciones puede ser leída como una *oxidación* o *reducción*, entendiendo a estos procesos en términos de pérdida o ganancia de electrones, respectivamente. En este punto se puede presentar el *número de oxidación* como la carga neta de cada uno de los iones y vinculado con el número de electrones puesto en juego por cada átomo al participar de la unión química. La noción de número de oxidación será necesaria para trabajar la nomenclatura de las sustancias y, por lo tanto, resulta oportuno presentarla en este punto. Se hace necesario destacar que *se trabajará con la noción de número de oxidación y no con la noción de valencia*. La noción de número de oxidación será empleada para escribir y nombrar compuestos inorgánicos binarios. No es necesario trabajar con una diversidad de sustancias que no tengan significatividad para el alumno más allá del contexto trabajado. En todo caso, *se trata de nombrar y escribir las fórmulas de aquellas sustancias que son utilizadas para representar las uniones químicas. La nomenclatura debe estar en función de esta necesidad y no constituirse en un contenido que demande una parte sustantiva de los tiempos de enseñanza y aprendizaje*. No se profundizará en la conceptualización del número de oxidación, sólo se lo considerará desde su utilidad para identificar un proceso redox –como se verá en el núcleo de reacciones químicas– y, de manera instrumental, para el formúleo y la nomenclatura de los compuestos presentados. En relación con esto último, es importante destacar que *no se realizará un estudio sistemático de las ecuaciones de formación de las diversas clases de sustancias, ni su clasificación exhaustiva*. Sólo se presentarán compuestos binarios sencillos de utilidad para el tratamiento de los contenidos propuestos, clasificándolos, según corresponda y enseñando sólo una de las nomenclaturas aceptadas por la IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada), como modo de introducir a los alumnos en el uso de las convenciones y los simbolismos.

### Expectativas de logro

- Esquematizar correctamente las estructuras de Lewis para representar sustancias binarias iónicas y covalentes.
- Predecir geometrías moleculares para sustancias sencillas.
- Interpretar la unión química a partir del modelo escolar presentado.
- Construir una primera interpretación del proceso de oxidación-reducción.
- Utilizar el lenguaje simbólico propio de la química al escribir fórmulas y ecuaciones.
- Reconocer los diversos tipos de compuestos binarios y escribir adecuadamente sus fórmulas.
- Nombrar sustancias binarias utilizando la noción de número de oxidación y las convenciones correspondientes.

## EJE: LAS TRANSFORMACIONES DE LA MATERIA

### Las reacciones químicas

*Modelización del cambio químico: lo que se conserva y lo que cambia en el proceso. Las reacciones químicas: su representación y su significado. Reacciones de combustión y óxido-reducción. Com-*

*portamiento ácido/ básico en sustancias de uso cotidiano. Indicadores ácido-base naturales. La energía asociada a las reacciones químicas: reacciones endotérmicas y exotérmicas. Introducción al concepto de velocidad de reacción.*

En este núcleo se sistematiza y profundiza el tratamiento de los cambios químicos trabajados en 2º año. En este sentido, es necesario insistir en dos aspectos allí señalados. Por un lado, la relevancia de los procesos de lectura y escritura de las ecuaciones químicas en tanto representaciones simbólicas. Por otro, y retomando el modelo corpuscular de la materia, se espera una modelización del cambio químico a través de la cual sea posible conceptualizarlo según dos procesos simultáneos y complementarios: la conservación de los átomos tanto en cantidad como en calidad y la formación de otros nuevos a partir de la destrucción de los sistemas atómicos iniciales.

Durante este año, se continuará trabajando el balanceo de ecuaciones químicas por tanteo para indicar la conservación del número de átomos de cada elemento durante el cambio, profundizando la noción de conservación a través de la modelización del cambio químico. *No se esperan cálculos respecto de las reacciones ni la introducción de métodos de balanceo de ecuaciones más allá del que pueda efectuarse por tanteo.*

Para tratar el cambio químico usando modelos, se recurre a representaciones icónicas de las partículas de las sustancias involucradas durante la reacción química. A tal efecto, se recurrirá a reacciones químicas que involucren sustancias sencillas en cuanto a su geometría molecular, de manera tal que su representación icónica sea simple. Por ejemplo, moléculas diatómicas homonucleares (como el  $O_2$ ) y/o moléculas heteronucleares (como agua o dióxido de carbono o hidrocarburos). Por medio de esta representación se trabajará en el nivel de las uniones químicas, en el reconocimiento de los enlaces que se destruyen en la/s sustancia/s del sistema inicial y en la identificación de los que se forman en la/s sustancia/s del sistema final. Trabajando en este nivel de representación corpuscular se pretende, por un lado, profundizar en la conceptualización del cambio químico –y su diferencia con el cambio físico– y, por otro, avanzar en la comprensión de la idea de proceso. Para interpretar la noción de cambio químico pueden utilizarse los ejemplos de reacciones químicas propuestas durante el 2º año: reacciones redox, de corrosión, reacciones vinculadas al fenómeno de lluvia ácida, reacciones de combustión, que son retomadas durante este año para trabajarlas en este nivel de conceptualización.

El comportamiento ácido-base de las sustancias se plantea sólo a nivel experimental, desde su identificación por medio de indicadores naturales. El fenómeno de lluvia ácida, posibilita identificar el comportamiento ácido de sus principales productos. Su explicación y las implicancias para el ambiente y los seres vivos sólo es posible con la introducción del concepto de acidez. Sin embargo, su alcance en este año, está limitado a la presentación aquí establecida. Es decir, no se pretende trabajar con conceptualizaciones de ácido y de base, sino sólo con una introducción en el nivel experimental indicado. Se sugiere trabajar con ácidos y bases de uso cotidiano tales como vinagre, jugo de cítricos en general, limpiadores que contengan amoníaco, cal apagada, entre otros compuestos, haciendo explícita, en todo caso, la presencia de estas sustancias en la vida cotidiana y su impacto, así como su peligrosidad potencial. Como posibles indicadores pueden utilizarse té, extracto de repollo o de remolacha, entre otros. De ser posible es también aconsejable el uso de indicadores de uso frecuente en el laboratorio, como papel tornasol, papel pH o fenolftaleína. En relación con los procesos redox se introducen las nociones de oxidación y de reducción, mediante el empleo de los números de oxidación de los elementos, concepto que pudo introducirse al tratar las uniones iónicas. *Nuevamente se destaca que se trabajará con la noción de número de oxidación y no con la noción de valencia.*

La conceptualización de las reacciones químicas en términos de ruptura y formación de enlaces, posibilita una primera aproximación a una mirada teórica de los intercambios de energía involucrados durante un cambio químico. Durante este año, se trabajará con una interpretación de los intercambios de energía asociados a las reacciones químicas –procesos endotérmicos y exotérmicos– a partir de su relación con la energía almacenada en una unión química. Esta consideración no implica la cuantificación de la energía intercambiada durante una reacción química. Supone una primera ex-

plificación teórica acerca de los intercambios de energía asociados a fenómenos químicos que ocurren habitualmente, como la combustión y su utilización eventual en cálculos sencillos sobre la cantidad de combustible requerida para cierto proceso doméstico o industrial. Para las reacciones de combustión se podrán estimar la cantidad de hidrocarburo necesaria para intercambiar una determinada cantidad de energía o viceversa, a partir de los respectivos calores de combustión [ver ejemplos de actividades posibles en El trabajo con problemas y las investigaciones escolares; p. 90].

Por otra parte, es importante que el alumno conozca y compare los órdenes de magnitud de los valores asociados con los intercambios de energía involucrados en los procesos químicos considerados. En tal sentido, la comparación con cantidades de energía involucradas en procesos cotidianos o en las reacciones nucleares puede ser de particular utilidad, para estimar órdenes de magnitud de los intercambios energéticos en los procesos mencionados. Dado que no se introduce aún la noción de mol, no se trabajará con cálculos estequiométricos de ninguna especie. Estos contenidos serán objeto de tratamiento en años posteriores.

Respecto de la noción de velocidad de reacción, se pretende una primera aproximación a los contenidos de cinética química focalizada, por un lado, en que algunos procesos químicos ocurren muy lentamente mientras que otros lo hacen casi instantáneamente. Por otro lado, en la identificación de la temperatura, concentración y superficie de contacto, como variables que afectan la velocidad de una reacción. Sin embargo, no se pretende llegar a una formulación teórica de estos conceptos, sino poner en evidencia estos factores a través de la realización de problemas o investigaciones escolares que permitan identificarlos a nivel experimental.

### Expectativas de logro

- construir la noción de cambio químico como destrucción de enlaces y formación de otros;
- utilizar el modelo discontinuo de materia para interpretar el cambio químico;
- utilizar modelos icónicos para representar los estados inicial y final de un sistema en el que ocurra un cambio químico, atendiendo a la destrucción-formación de enlaces y a la conservación del número y tipo de átomos de cada elemento;
- leer y escribir las ecuaciones químicas correctamente balanceadas para representar las diversas reacciones trabajadas;
- identificar las variables que pueden modificar la velocidad de una reacción química;
- identificar ácidos y bases de uso cotidiano utilizando indicadores;
- calcular a partir de los calores de combustión por unidad de masa, los valores de los intercambios de energía en reacciones de combustión.

### Las reacciones nucleares

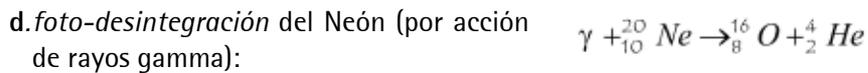
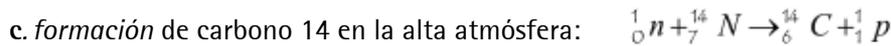
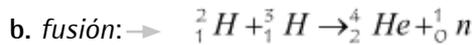
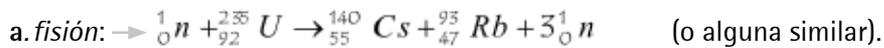
*Reacciones de fisión y fusión. Magnitudes conservadas en las reacciones nucleares. Energía implicada en reacciones nucleares. Reacciones controladas y espontáneas. Reactores nucleares. Radiactividad natural. Aplicaciones tecnológicas de las radiaciones y sus consecuencias.*

Dentro de este núcleo de contenidos se tratarán reacciones nucleares sencillas (radiactivas, de fisión y de fusión) a partir de las cantidades conservadas en todas ellas: carga y número de partículas.

La descripción en términos de los procesos nucleares debe cumplir un formalismo semejante al que siguen las reacciones químicas. De hecho, en cuanto a simbología, ambos tipos de procesos se escriben de forma bastante parecida y esta es una de las finalidades propuestas desde la lectura y la escritura: lograr que el alumno pueda leer y escribir la ecuación simbólica que representa una reacción nuclear dada interpretando el proceso y pudiendo describirlo con sus propias palabras. Por otra parte es importante que, además de escribir o leer la ecuación, puedan interpretar y analizar su corrección a partir de las cantidades que en ella deben conservarse. Si en las reacciones químicas se conserva el tipo y número de átomos intervinientes, y por lo tanto la masa, en las nucleares ya no sucede lo mismo;

en este caso, la masa no se conserva pero sí lo hacen el número de partículas y la carga involucradas, ya que hay transformaciones de masa en energía y viceversa. A pesar de ello, los procesos nucleares siguen sus leyes de conservación de carga y número.

Las reacciones típicas para trabajar en este núcleo serán:



Sobre la base de estas reacciones lo importante es mostrar que cualquier reacción nuclear debe cumplir con dos condiciones de conservación: el *número total de nucleones* –la suma de todos los A– (236 en la primera, 5 en la segunda, 15 en la tercera y 1 en la cuarta) y *la carga total* –la suma de todos los Z– (92 en la primera, 2 en la segunda, 7 en la tercera y cero en la última).

Por supuesto que podrían plantearse otras reacciones que conservaran estas cantidades, pero que no fueran energéticamente posibles, y en este momento sólo se puede decir que desde la conservación no están impedidas pero que existen otros principios en física que las impiden, o que las energías involucradas son inalcanzables en los laboratorios actuales.

Las reacciones de fisión y fusión merecen lugares especiales: las primeras porque al ser reacciones en cadena (los neutrones liberados en cada una son fuente para futuras fisiones) son la base de los reactores nucleares, y también de las bombas atómicas y las otras porque, dado que la reacción de fusión es la fuente de energía principal del Sol, también es la principal fuente energética de nuestro planeta [ver Intercambio de energía por radiación, p. 83]. Por otro lado, esto permite considerar a las estrellas como grandes reactores nucleares que liberan energía al espacio.

Una vez introducidas estas nociones sobre reacciones nucleares pueden proponerse diversos trabajos de investigación escolar sobre el funcionamiento de los reactores nucleares, la ubicación de los mismos en la Argentina, la generación de isótopos en forma artificial, el uso de la energía nuclear o el almacenamiento de residuos. Es importante que los alumnos formen sus propios criterios para evaluar la calidad de las investigaciones realizadas por ellos mismos o por sus compañeros, así como también, que puedan fundamentar sus posiciones respecto del uso de la energía nuclear a partir de información y no sólo a partir de opiniones o prejuicios.

Ligado a las reacciones nucleares está la noción de *radiactividad*, en particular la de elemento radiactivo, que se considerará desde el punto de vista de reacciones que *espontáneamente* hacen que su núcleo "decaiga" en otro (no consideraremos la radiactividad artificial). No se considerarán explicaciones acerca de por qué algunos elementos son radiactivos y otros no. Puede hacerse un recorrido histórico sobre el descubrimiento y desarrollo de materiales radiactivos, ya que es un tema muy fértil, por ejemplo analizar cómo los científicos fueron procediendo por ensayo y error más que mediante un "método".

Se estudiarán las tres principales formas de radiactividad: alfa, beta y gamma, interpretándolas como emisiones nucleares de partículas –núcleos de helio o electrones– o de radiación. Una actividad posible de realizar con los alumnos es calcular el nuevo elemento que se produce con los distintos tipos de radiactividad y ver de qué manera se va "corriendo" de posición en la tabla periódica a medida que emite cada tipo de radiación hasta llegar a un elemento estable.

Por último, se realizarán investigaciones guiadas sobre usos de la radiación en medicina, en la datación de fósiles y en la industria y se tratará el tema del cuidado del ambiente y de la salud, de los trastornos que provoca someterse a radiaciones y el tratamiento de los desechos radiactivos [ver El trabajo con problemas y las investigaciones escolares, p. 90].

### Expectativas de logro

- leer y escribir adecuadamente ecuaciones que representen reacciones nucleares sencillas;
- deducir qué reacciones nucleares son posibles y cuáles no, a partir de las cantidades que deben conservarse;
- conocer cómo opera una reacción nuclear en cadena y cuáles son sus usos tecnológicos;
- identificar los tres tipos principales de emisiones radiactivas;
- predecir los elementos producidos a partir de un determinado decaimiento radiactivo;
- conocer los fundamentos del método de datación por carbono 14;
- conocer las principales aplicaciones de la radiactividad en nuestro país, tanto para usos medicinales como industriales;
- valorar críticamente los usos de la radiactividad y sus implicancias sociales.

## EJE: LOS INTERCAMBIOS DE ENERGÍA

### Intercambio de energía térmica

*Calor y Temperatura. Interpretación microscópica de la Temperatura. Intercambio de calor por conducción, variables involucradas. Noción de calor específico. Conservación y degradación de la energía. Centrales energéticas.*

Este núcleo continúa y profundiza los planteos realizados sobre energía en 1° año –clasificación de las energías, análisis de algunos intercambios de energía– y en 2° año sobre energía eléctrica, para volver sobre el tema del intercambio térmico, ahora tratado en forma cuantitativa.

A partir de lo trabajado en 2° año, se retoma la noción de temperatura vinculada a la agitación –energía cinética y/o vibracional– de las partículas que componen los materiales. La presentación del concepto de temperatura como proporcional a la energía cinética microscópica, se hace sólo en forma cualitativa, ya que su tratamiento preciso excede los objetivos de este año.

Es importante establecer la distinción entre calor y temperatura, señalando que la noción de temperatura (absoluta) está relacionada con la energía interna que poseen todos los cuerpos, mientras que el calor es una de las formas de intercambio de energía entre dos sistemas, pero que no mide ninguna propiedad de un objeto o sistema.

Es frecuente que los alumnos confundan un concepto con el otro, de cualquier manera debe insistirse en la diferenciación, para lo cual es posible mencionar la antigua teoría acerca del calórico, para mostrar como el concepto fue cambiando con la historia de la ciencia.

Una vez establecida la diferencia entre calor y temperatura, es necesario presentar las unidades en que se trabajará con cada uno: en este año, se trabajarán, por simplicidad y relevancia, sólo dos unidades de calor: el Joule y la caloría y así mismo no se espera que se vean otras escalas de temperatura más que la Celsius y su relación con la Kelvin que fue trabajada también en 2° año, al tratar el tema de gases. Los fenómenos térmicos se presentarán desde dos perspectivas:

- a. los efectos del calor sobre los objetos (calor sensible y latente);
- b. los mecanismos de intercambios de calor (conducción y radiación).

a. *Los efectos del calor* son muy variados y van desde la variación de temperatura, pasando por el cambio de estado, hasta la dilatación, la desmagnetización y una gran variedad de efectos de diversa índole. *En este año se tratarán solo los efectos de variación de temperatura y cambio de estado.*

Para seguir avanzando con la introducción de algunas relaciones cuantitativas que permitan visualizar la forma de trabajo de la física y de la química, y que a su vez introduzca a los alumnos en un primer manejo de los procedimientos necesarios para obtener información de una ecuación, se presentarán dos relaciones matemáticas, una que describa los efectos del calor sobre los objetos y otra los intercambios de calor entre objetos. En el primer caso, en relación con los efectos del calor sobre los objetos, se presentará la ecuación fundamental de la calorimetría:

$$Q = mc_p \Delta T$$

Esta ecuación vincula el calor intercambiado por un sistema con la variación de su temperatura. Para la resolución de ejercicios que se realizan con lápiz y papel es conveniente trabajar con materiales homogéneos para los que puede definirse el calor específico, aunque para trabajar con experiencias con materiales cualesquiera es conveniente también mencionar la noción de capacidad calorífica. La capacidad calorífica puede ser definida para materiales en general, aunque no sean homogéneos, ya que se la define como el cociente entre el calor intercambiado y la variación de temperatura del material. El calor específico surge de considerar esta cantidad por unidad de masa y en el caso de un material no homogéneo puede variar de un punto a otro.

Una vez trabajados los fenómenos relacionados con la variación de temperatura por intercambio de calor, es posible presentar los efectos de cambio de estado de una sustancia, y establecer la noción de calor latente, como el calor por unidad de masa necesario para un cambio de estado.

Si bien se introducen los calores específicos y los calores latentes de las sustancias, *el nivel de complejidad de las propuestas de trabajo en el aula debe corresponder a problemas de aplicación directa o interpretación de un resultado experimental*, no se esperan problemas de intercambio entre muchos cuerpos, ni ejercicios de calorimetría que impliquen cálculos trabajosos, ya que el objetivo está centrado en la comprensión de la descripción matemática-simbólica de un proceso y el uso de ecuaciones para el manejo de variables, más que en lograr destrezas en una ejercitación que podrían derivar en problemas más centrados en el álgebra que en la fisicoquímica.

b. *Los intercambios de calor entre objetos.* Al abordar los intercambios de calor entre sistemas, es necesario recordar los tres mecanismos de intercambio de calor vistos en 1º año y recordar que el estudio de un mecanismo en particular significa un recorte instrumental, a los fines de su estudio detallado, pero que en la mayoría de los casos cotidianos los tres mecanismos típicos coexisten.

Así como se cuantificó el efecto del calor sobre los cuerpos, también interesa poder establecer una dinámica de los intercambios, es decir establecer una relación entre las características de dos cuerpos puestos en contacto térmico y la "velocidad" a la cual intercambian calor. Para describir este proceso se introduce la ecuación de conducción del calor:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \frac{\Delta T}{d}$$

Esta ecuación relaciona la cantidad de calor intercambiada por unidad de tiempo, las propiedades de los objetos implicados en el intercambio (su diferencia de temperatura) y el material que los conecta (su conductividad, su longitud, y su sección). Aunque en la ecuación aparece la potencia media intercambiada ( $\Delta Q/\Delta t$ ), no es necesario profundizar la noción de potencia, sino que bastaría referirse a la "velocidad de intercambio de calor".<sup>2</sup>

Al trabajar con ambas ecuaciones, se espera iniciar con un tratamiento cualitativo, es decir un planteo del problema de la variación de la temperatura de un objeto y un análisis de las variables de las que

<sup>2</sup> De cualquier manera la noción de potencia fue tratada en 1º año a raíz de las formas de energía y su consumo diario.

puede depender (forma, material tamaño, etc.); para luego introducir la expresión matemática que permite cuantificar estas relaciones.

Este tema puede ser objeto de una pequeña investigación para elaborar y poner a prueba hipótesis cualitativas acerca de las posibles variables de las que depende, tanto el intercambio de calor (ecuación de conducción) como la variación de temperatura (ecuación fundamental).

El tipo de ejercicios que se espera que los alumnos resuelvan es el más inmediato, por ejemplo determinar la cantidad de calor que necesita el agua de una olla para llegar al punto de ebullición, estimar la velocidad a la cual la llama entrega calor a partir del tiempo que tarda en hervir, y determinar, eventualmente, la cantidad de gas de la hornalla que es necesario para ello [ver Las reacciones químicas, p.76].

Es importante tener en cuenta que los alumnos recién están empezando a usar ecuaciones que involucran más de tres magnitudes (cuatro en un caso y cinco en el otro) y que desde el aspecto conceptual es difícil manejar más de dos variables en lo que respecta al análisis de los cambios cualitativos del sistema. También es difícil desde el punto de vista procedimental el pasaje de términos necesarios para obtener el valor de una variable a partir de las otras. Por lo tanto, se espera que se haga hincapié sobre el aspecto instrumental de la cuantificación y se lo utilice como una herramienta de cálculo sencillo, más que como una ejercitación algebraica.

Al presentar las nociones de calor específico y de conductividad lo inicial podría ser mostrar, o tratar de deducir cuáles serán sus unidades, y luego presentar algunos valores típicos de calores específicos y conductividades de materiales que nos rodean (agua, aire, vidrio, madera o hierro), con la finalidad de ver cuáles son los rangos de variación de estas propiedades en los materiales de uso cotidiano [ver Tabla 2 en El trabajo con problemas y las investigaciones escolares, p. 94].

Por otra parte, una vez introducidas las nociones de conductividad y de calor específico es posible establecer escalas comparativas de buenos y malos conductores o sustancias con mucha o poca "inercia térmica" y ver si existe una relación entre ambas propiedades, así como también cuáles pueden ser sus aplicaciones: ¿en qué partes se usan buenos y malos conductores en la construcción de viviendas? ¿Por qué las ollas son de metal? ¿Por qué se sienten fríos los metales al tacto aunque se hallen a temperatura ambiente y no sucede así con los plásticos? También puede relacionarse la conductividad térmica de un material con su ubicación en la Tabla Periódica y tratar de obtener alguna generalización.

Junto con los intercambios sencillos de energía térmica, este núcleo permite introducir temas vinculados con el uso de la energía térmica, tanto para producción de energía eléctrica como para su consumo domiciliario. Con estas temáticas puede introducirse la noción de degradación de energía que fue trabajado en 1º año dando pie al debate acerca de los usos que se dan a los recursos naturales y la contaminación producida por la generación de energía eléctrica en centrales térmicas. Estos temas están pensados para que se desarrollen a partir de investigaciones bibliográficas escolares [ver El trabajo con problemas y las investigaciones escolares, p. 90] y luego generen debates dentro del aula y con el resto de la comunidad escolar. Es una oportunidad para establecer comparaciones con las centrales nucleares como corolario del trabajo con ambas investigaciones.

### Expectativas de logro

- distinguir entre calor y temperatura;
- utilizar unidades adecuadas para expresar temperatura y calor;
- dar explicaciones sobre procesos sencillos que impliquen; intercambios de energía térmica;
- hacer cálculos usando la ecuación fundamental e interpretar los resultados;
- hacer cálculos usando la ecuación de conducción e interpretar los resultados;
- interpretar las variables de las que depende un proceso a partir de las ecuaciones que lo describen;

- distinguir entre materiales conductores y aislantes del calor;
- diseñar y/o llevar adelante experiencias que permitan hacer mediciones que involucren calores específicos y calores intercambiados, y otras magnitudes tratadas en este núcleo;
- aplicar los conceptos estudiados al análisis de situaciones de producción de energía hogareña o industrial y sus efectos sobre el ambiente.

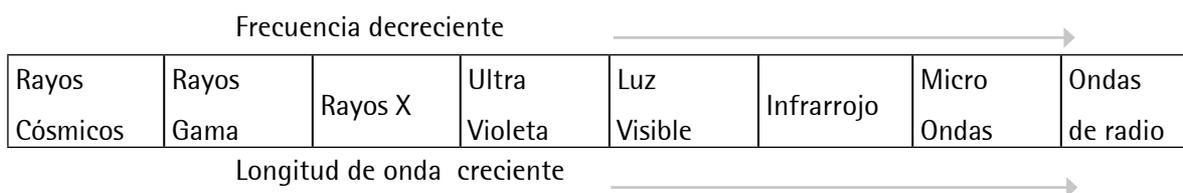
## Intercambio de energía por radiación

*Emisión, absorción y reflexión de radiación. Espectro electromagnético. Relación entre temperatura y radiación emitida. La energía del Sol y su influencia sobre la Tierra. El efecto Invernadero. La radiación solar: usos y aplicaciones.*

Junto con el núcleo anterior en donde se presenta el intercambio de calor por conducción (con medio material conductor) este año se tratarán también los intercambios energéticos por radiación o sea los intercambios térmicos que no requieren de soporte material para realizarse. Estos contenidos ya fueron tratados en 1º año pero se propone para este año avanzar un paso más, interpretando la energía emitida o absorbida por un cuerpo como un fenómeno de carácter ondulatorio. Es decir que los alumnos adquieran las herramientas conceptuales para poder realizar una descripción de la radiación en términos de ondas que se propagan en un medio, o en el vacío, conociendo el significado de *longitud de onda* y *frecuencia*. No se pretende una interpretación dinámica del proceso de radiación ni un estudio detallado de lo que son las ondas electromagnéticas, sino que *se espera que los alumnos puedan reconocer que existen tres procesos involucrados en el intercambio de energía por radiación: emisión, absorción y reflexión*; la absorción implica ganancia de energía por parte del cuerpo, la emisión conlleva pérdida de energía y en la reflexión no se intercambia energía. Por supuesto que los fenómenos "reales" involucran las tres, pero se pueden presentar estos tres procesos idealizados para analizar las situaciones concretas y elaborar una escala comparativa de materiales que sean mejores reflectantes (metales pulidos, espejos), mejores absorbentes (objetos "negros") y buenos o medianos emisores.

En primera instancia se puede analizar la emisión, absorción y reflexión a partir de la luz visible, relacionándola con el color que presentan los objetos que nos rodean y mostrando, por ejemplo, que el color con que vemos un objeto es, en realidad, la parte de la luz blanca que ese objeto no absorbe o, por ejemplo, que el carbón y los filamentos de las lámparas emiten luz visible cuando se calientan, mientras que no lo hacen a temperatura ambiente, introduciendo así la noción de emisión como efecto térmico.

Los alumnos saben, de años anteriores, que la luz blanca es una "adición de colores" e intentamos presentar esta "suma" como una superposición de ondas de las distintas longitudes que constituyen el espectro de la luz visible (desde el rojo hasta el violeta) y mostrar que esto puede "revelarse" al pasar la luz por un prisma. Una vez presentada la luz blanca y su espectro, se introducirá la noción de "radiación no visible", extendiendo la noción antes descrita a aquellas ondas electromagnéticas que no son parte del espectro que ve el ojo humano. De esta manera, podrán clasificarse las diversas regiones del espectro a partir de sus nombres clásicos: infrarrojo, ultravioleta, microondas, ondas de radio, rayos X o rayos gamma, ubicándolas en un diagrama de menor a mayor longitud de onda como el que sigue.



Es posible encontrar aplicaciones tecnológicas de la mayoría de las longitudes de onda que se mencionan desde la potabilización de agua por luz ultravioleta, las termografías y los controles remoto de TV que utilizan el infrarrojo; los rayos X en medicina, las microondas en el hogar y en astronomía, entre otros. Este es otro punto interesante para investigar sobre las aplicaciones tecnológicas de los distintas partes del espectro y cómo se las utiliza cotidianamente.

Una vez introducida la noción de intercambio de energía por radiación, puede aplicarse para la transferencia entre el Sol y la Tierra averiguando datos acerca de la cantidad de energía recibida diariamente (o por hora) y por metro cuadrado, señalando varios aspectos:

- que la luz visible es un pequeña porción de la energía que emite el Sol (puede relacionarse con los procesos nucleares dentro del Sol);
- que su espectro de la radiación es mucho más amplio que el visible;
- que la atmósfera juega un papel activo y dinámico en la absorción de las partes más energéticas del UV en la capa de ozono;
- que la energía solar juega un papel central en el mantenimiento de la vida en el planeta a través de la fotosíntesis;
- que existen numerosos proyectos que desarrollan aplicaciones de la energía solar para procesos muy variados, como: calefacción doméstica, refrigeración, calentamiento de agua, destilación, generación de energía, hornos solares, cocinas, evaporación, acondicionadores de aire, control de heladas, secado, etcétera.

Al tratar el tema de la radiación solar y su efecto sobre el planeta es inevitable y necesario considerar el *efecto invernadero*, ya que es uno de los mejores ejemplos de cómo un objeto (la atmósfera) puede ser transparente a un tipo de radiación (la solar de alta frecuencia) y muy reflectante a otra, la infrarroja, emitida por la Tierra y la atmósfera. La presencia de los llamados "gases de invernadero" sostienen este efecto y así el planeta mantiene un equilibrio térmico entre la energía que pierde por su radiación y la que recibe del Sol. Pueden conseguirse fácilmente en diversos sitios de Internet, datos sobre la cantidad de energía que llega del Sol y la cantidad que emite la Tierra, que es importante que se introduzcan, para poder visualizar por medio de números y cuentas –que no implican más que sumas y restas– cuál es el origen y la magnitud de este efecto.

Dentro del tratamiento del efecto invernadero es importante dejar en claro que existen dos fuentes de para este efecto: una *natural*, cuyo efecto no es nocivo en sí mismo sino, por el contrario, es el responsable de que pueda existir vida en la Tierra a partir del mantenimiento de un temperatura estable y una *artificial*, producida por el incremento de los llamados "gases de invernadero", productos de las reacciones de combustión de los combustibles fósiles utilizados para la producción de la energía necesaria para el desarrollo de las actividades humanas. Estos gases, refuerzan el primero alterando el equilibrio térmico y transformando el clima del planeta.

### Expectativas de logro

- distinguir cuál es el principal mecanismo de intercambio de energía (conducción o radiación) involucrado en un determinado proceso;
- dar ejemplos de situaciones en las que se privilegia cada mecanismo y fundamentar;
- utilizar correctamente términos como longitud de onda y frecuencia para describir una onda;
- reconocer los procesos de absorción, emisión y reflexión de radiación en casos concretos;
- reconocer y dar ejemplos de las distintas regiones del espectro electromagnético y su presencia en situaciones cotidianas;
- interpretar el efecto invernadero en base a las nociones de absorción, emisión y reflexión de radiación;
- asumir críticamente posición respecto del uso de determinados materiales acorde a sus efectos sobre el ambiente y la vida del hombre.

## ORIENTACIONES DIDÁCTICAS

En esta sección se proponen orientaciones para el trabajo en el aula, a partir de los contenidos establecidos para este 3° año. Las orientaciones toman en consideración dos aspectos. Por un lado, presentar como actividades de aula algunas de las prácticas que son específicas de estas disciplinas y que están relacionadas tanto con los conceptos como con las metodologías propias de la física y la química. Por otro, resignificar prácticas escolares y didácticas que, aunque puedan ser habituales en la enseñanza de estas disciplinas, a veces, por un uso inadecuado o rutinario, van perdiendo su significado y su valor formativo.

Las orientaciones se presentan como actividades, no en el sentido de ser "ejercitaciones" para los alumnos, sino prácticas específicas, compartidas y distribuidas entre todos los actores en el ámbito del aula.

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 al menos unidades separadas a los fines de la presentación. Estos pilares son:

- Hablar, leer y escribir en las clases de Fisicoquímica;
- Trabajar con problemas de Fisicoquímica;
- Utilizar modelos en Fisicoquímica.

### HABLAR, LEER Y ESCRIBIR EN LAS CLASES DE FISICOQUÍMICA

Como se mencionó en el apartado a *La enseñanza de las Ciencias Naturales en la ES*, la comunicación (de ideas y/o resultados) es una actividad central para el desarrollo científico y para la enseñanza de la ciencia escolar, lo que significa que debe ser explícitamente trabajada, dando tiempo y oportunidades para operar con ella y sobre ella.

Se pretende establecer en el aula de Fisicoquímica una comunidad de aprendizaje. Esto implica gestionar el aula de tal manera que los intercambios de ideas, opiniones y fundamentos circulen como prácticas habituales.

Serán actividades pertinentes: el trabajo de a pares, en pequeños grupos o los debates generales, en los que las prácticas discursivas resultan fundamentales para establecer acuerdos durante la tarea, expresar disensos o precisar ideas, hipótesis o resultados, vinculados a los conceptos de Fisicoquímica.

Estas consideraciones implican que en la práctica concreta del trabajo escolar en Fisicoquímica se lleven adelante 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, por lo que se plantea la necesidad de 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. 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 a trabajar;

- producir textos de ciencia escolar adecuados a diferentes propósitos comunicativos (justificar, argumentar, explicar, describir).
- comunicar a diversos públicos (alumnos más pequeños, pares, padres, comunidad) una misma información científica como forma de romper con el uso exclusivo del texto escolar.

Para que estas actividades puedan llevarse adelante el docente debe:

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

Además de lo expuesto, el discurso científico en Físicoquímica 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 la comunidad toda 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 fuerza, masa, energía, electricidad, materia, tienen un significado muy distinto en el aula de Ciencias Naturales que en el uso cotidiano. De modo que la precisión en el uso de los términos, el uso adecuado del léxico propio de cada disciplina, es un propósito fundamental de la enseñanza de la Físicoquímica. 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 necesario 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 alumnos 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 Físicoquímica. 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 3º año en el 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. Así, tanto en el núcleo de contenidos sobre la estructura del átomo, como en el de uniones químicas o reacciones nucleares, la descripción e interpretación de los eventos estará dada por el uso de términos específicos del nivel atómico-molecular, mientras que, en aquellos referidos a reacciones químicas o intercambios de energía, los términos remitirán a fenómenos del orden macroscópico.*

Por último, es necesario consignar que estas disciplinas tienen "lenguajes propios". En este sentido sus simbolismos también deben ser aprendidos. Un caso paradigmático es el de la química, con su críptico lenguaje de fórmulas, así como las formalizaciones matemáticas –que dan la impronta cultural del desarrollo de las Ciencias Naturales, en particular de la Física-. La enseñanza de estos simbolismos requiere hacer evidentes las necesidades que llevaron a crearlos y las ventajas que de ello derivan, mostrando su lógica interna, en lugar de transmitir un compilado de fórmulas a memorizar.

Es necesario establecer cómo, por qué, y para qué surgieron y son utilizados estos lenguajes particulares cuyo aprendizaje como señala Lemke<sup>3</sup> genera para los alumnos, dificultades análogas al aprendizaje de una lengua extranjera-

Resulta evidente que actividades vinculadas con el uso del lenguaje se pueden ofrecer en todos y cada uno de los núcleos de contenidos, así como en toda tarea escolar en el ámbito de la Físicoquímica.

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 Físicoquímica. Estas últimas consideraciones deben ser tenidas en cuenta durante el desarrollo de cada uno de los ejes temáticos propuestos y, además, proporcionan criterios pertinentes para la evaluación de las actividades vinculadas con el lenguaje.

### Las fórmulas, los símbolos y las representaciones

Es fundamental que, al utilizar estas expresiones, el alumno pueda comprender qué es lo que expresa la ecuación, con qué fenómenos se vincula, cuáles son las variables que intervienen, así como las reglas necesarias para obtener valores numéricos a partir del pasaje de términos. Estos contenidos trabajados en matemática, desde el aspecto formal, deben ser retomados y transferidos al ámbito de sus aplicaciones físicas o químicas y resignificarse 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 de los lenguajes de la Física y la Química y los alumnos deben poder leerlas, interpretarlas y traducirlas correctamente con sus propias palabras.

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

Respecto del primer aspecto, es importante destacar que durante este año de la ES, se introduce la lectura y escritura de fórmulas por parte de los alumnos. En el 2º año, se escribieron fórmulas y ecuaciones químicas, para iniciar a los alumnos en la problemática de la representación propia de la Química. También se indicó oportunamente que es el docente quien está encargado de escribir y nombrar correctamente las ecuaciones y las sustancias intervinientes, en tanto no se pretendía que el alumno fuera capaz de escribir o nombrar en forma autónoma. En este 3º año, en cambio, se pretende que el alumno conozca y escriba los nombres y fórmulas químicas de compuestos binarios sencillos, de manera tal que será necesario intervenir para facilitar el aprendizaje de estas habilidades que encierran ciertos problemas procedimentales y conceptuales. En relación con la nomenclatura de sustancias químicas, se pretende enseñar a los alumnos algunas de las convenciones que la química utiliza para nombrar sustancias, así como la clasificación de compuestos binarios sencillos. La nomenclatura y la simbología químicas son temas imprescindibles para estudios posteriores y parte del trabajo en Química.

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

Sin embargo, es necesario destacar que en esta materia y para este año, *no se pretenden escribir las fórmulas de las sustancias a partir de las ecuaciones de formación*. Por el contrario, la introducción de la noción de número de oxidación, desde una perspectiva instrumental, tiene por objeto que los alumnos construyan directamente las fórmulas de las sustancias binarias, partiendo de los símbolos de los elementos que las forman y las reglas de asignación del número de oxidación.

*No se pretende tampoco, presentar varias nomenclaturas*. La IUPAC (Unión Internacional Química Pura y Aplicada) reconoce varias nomenclaturas diferentes para nombrar los compuestos químicos, incluida la que llamamos habitualmente tradicional. Sin embargo, estas nomenclaturas están vinculadas a la redacción de trabajos de investigación y su publicación, así como a otros usos propios de la industria, en los que se hace necesario precisar y tipificar, según normas internacionales, a las diversas sustancias. Desde el punto de vista de la ciencia escolar –propuesta que da el encuadre al trabajo en la Escuela Secundaria– se espera acercar a los alumnos a la comprensión de los fenómenos y a las particulares formas de proceder en cada una de las ciencias con las que se trabaja. Por ello, *escapa a los fines de la escolaridad incluir tantas nomenclaturas –muchas de las cuales no son de uso corriente ni aún por los expertos– ni crear una diversidad de nombres que sólo generan confusión en los alumnos*.

Antes bien, lo que se pretende es introducir el uso adecuado de las convenciones mostrando su lógica interna y su necesidad, así como hacer notar que la nomenclatura propuesta no es la única, pero es la que se estudiará durante el curso. Se trabajará, entonces, nombrando sólo compuestos inorgánicos binarios, como óxidos, sales binarias, hidrácidos e hidruros. La convención adoptada será "óxido de...." y el nombre del elemento con su correspondiente sufijo –en caso de tener, el elemento en cuestión, más de un número de oxidación posible–. Cuando corresponda, el número de oxidación del elemento unido al oxígeno, se indicará entre paréntesis, por ejemplo, óxido de hierro (III). Alternativamente, también pueden utilizarse los sufijos "–oso" e "–ico". En todo caso, lo recomendable es trabajar con una sola convención. *Los números de oxidación utilizados serán los característicos para cada elemento y no los excepcionales*. No se utilizará la diferencia entre óxidos básicos y ácidos ni se nombrará a estos últimos como anhídridos. Los hidruros, los hidrácidos y las sales binarias se nombrarán con el sufijo "–uro", después del nombre del elemento de mayor valor de electronegatividad, seguido por el nombre del otro elemento que lo acompaña en la fórmula (por ejemplo: cloruro de sodio, hidruro de litio, fluoruro de hidrógeno).

## TRABAJAR CON PROBLEMAS DE FÍSICOQUÍMICA

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 además chequear que esa respuesta sea adecuada.

Al resolver un problema, el experto, el científico, recorre en forma bastante aproximada los pasos señalados por Polya:<sup>4</sup>

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

<sup>4</sup> Polya G., *Cómo plantear y resolver problemas*. México, Trillas, 1987.

Se espera que los alumnos, 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 alumnos adquieran estas habilidades con creciente autonomía. En este sentido al trabajar con problemas el docente buscará:

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

El docente, como experto en cuestiones de Físicoquímica, 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 alumnos a este amplio campo de conocimientos. Sus acciones se encaminan a diseñar intervenciones que propicien en los alumnos 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 Físicoquímica 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 prioritariamente en el eje referido a los procesos de intercambio de energía. Al realizarse este tipo de ejercitaciones tendientes al aprendizaje o aplicación de un algoritmo, la secuencia debería comenzar por problemas en donde la cantidad de datos sea la estrictamente necesaria para obtener la respuesta y el procedimiento sea directo, siguiendo con situaciones en las cuales existan, o bien más, o bien menos datos de los necesarios de modo que el alumno deba decidir de qué manera seleccionar o buscar los datos pertinentes para la solución; así, se seguirá avanzando hasta lograr que el alumno maneje con soltura y cada vez con mayor autonomía los conceptos vinculados tanto como los algoritmos requeridos.

Es importante que el docente tenga en cuenta algunas cuestiones a la hora de trabajar con ejercicios.

- Por una parte, 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 alumnos, 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 3º año, estos problemas pueden plantearse en todos los ejes y núcleos de contenidos de la materia: son variados los temas que pueden trabajarse como problemas abiertos, tanto en lo que respecta al eje de estructura de la materia, como al de transformaciones de la materia o al de intercambios de energía. A continuación, se señalan algunos problemas abiertos (o semi-abiertos) adecuados a los contenidos de Físicoquímica para este 3º año:

- ¿De qué factores depende el encendido de una vela? ¿Influyen el pabilo, la parafina de la vela, la llama que se le acerca? ¿Influye el peso de la vela? ¿Qué otros factores podrían incidir? ¿Es posible encenderla debajo de una campana? ¿Si se enciende una vela y luego se la tapa con un frasco, continúa encendida? ¿Por cuánto tiempo? ¿Cambia el tiempo que puede permanecer encendida si se cambia el frasco por uno de mayor volumen? Este es un problema interesante para abordar antes de introducir las reacciones de combustión, de modo que puedan, por un lado, revelarse las concepciones de los alumnos y desde ellas trabajar el fenómeno, antes de introducir las explicaciones y las ecuaciones características.
- ¿Cualquier combustible provee la misma cantidad de energía? ¿Es posible diseñar algún dispositivo para determinarlo?
- ¿De qué manera puede disminuirse las pérdidas de calor de un recipiente? ¿Es mejor pintarlo de oscuro o dejarlo plateado por fuera? ¿Con qué convendría aislar los caños de agua caliente que pasan por el exterior de las viviendas?
- ¿Qué sucedería con el clima en la Tierra si tuviéramos una atmósfera más delgada, o más rica en  $\text{CO}_2$ ? ¿Puedes imaginarte cómo era la Tierra cuando no había tanto oxígeno y por lo tanto había menor cantidad de ozono?
- ¿Qué factores se vinculan al fenómeno de corrosión? ¿Cómo pueden controlarse? ¿Todos los metales sufren oxidaciones? ¿Cómo se puede comprobar? ¿Es posible construir una escala de "facilidad para oxidarse" ("oxidabilidad") para diversos metales? ¿Cómo podría realizarse?
- ¿Todas las reacciones ocurren a la misma velocidad? ¿Cómo podría "medirse" la velocidad de una reacción? Para este problema son ejemplos propicios las reacciones de combustión y de corrosión seleccionadas como contenidos de este 3º año.

## El trabajo con problemas y las investigaciones escolares

En el enfoque de este Diseño Curricular las investigaciones escolares se orientan a poner a los alumnos 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 estas ciencias.

Según las pautas que se ofrezcan a los alumnos 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 alumnos) o *abiertas*, en las que, la totalidad del diseño y ejecución de las tareas está a cargo de los alumnos, bajo la supervisión del docente. Esta división depende de muchos factores que el docente debe considerar como: el nivel de conocimiento de los alumnos 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 el uso de investigaciones implica una gradualidad, comenzando con trabajos más pautados hacia un mayor grado de autonomía de los alumnos, en la medida en que éstos adquieran las habilidades necesarias. Es conveniente destacar que, dado que este enfoque tiene una continuidad a lo largo de toda la ES, en este 3º año, los alumnos deben

tener incorporado cierto nivel de destrezas, tanto en el plano procedimental como en el conceptual, que facilita 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, sino que deben implicar procesos intelectuales y de comunicación –cada uno explícitamente enseñado y trabajado por y con los alumnos–. Estas investigaciones escolares al servicio de la resolución de una problemática, pueden realizarse desde el inicio mismo de la actividad, dando oportunidades a los alumnos para aprender las técnicas, procedimientos, conceptos y actitudes que resulten pertinentes en cada situación, en el curso mismo de la resolución del problema. Las investigaciones escolares, así entendidas, pueden llevarse a cabo en cualquier momento del desarrollo de una temática y no es necesario que el alumno haya “aprendido” los conceptos para que pueda investigar. 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.

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 a través de 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.

---

En particular en este 3º año, hay muchos contenidos que pueden trabajarse o profundizarse a través de trabajos de *investigación bibliográfica* como los vinculados con *la radiactividad*, sus usos, sus posibilidades, los peligros que trae aparejados, los usos clínicos o terapéuticos de la radiación, así como los riesgos asociados, los episodios históricos que llevaron a su descubrimiento y los debates sobre las implicancias éticas y sociales de los usos de la radiactividad [ver *Las reacciones nucleares*, p. 78].

También es posible y deseable que sobre estos contenidos se hagan *debates o sesiones de preguntas a expertos o bien visitas a lugares donde se trabaje con material radiactivo* para conocer cómo es el trabajo y cuáles son las medidas de seguridad que toman quienes trabajan con estos materiales, así como la discusión con paneles de expertos de diversas procedencias sobre los peligros y posibilidades de la utilización de energía nuclear. Además, se puede buscar abundante información en los medios, las organizaciones ecologistas, Internet, para ampliar la mirada sobre este contenido. *La historia del descubrimiento de la radiactividad* y el trabajo de los esposos Curie, así como los relatos biográficos sobre estos científicos, son buenos ejemplos sobre *cuestiones de procedimientos y ética científica* que resultan interesantes para trabajar con los alumnos. En este sentido, es pertinente la visita al sitio de la Comisión Nacional de Energía Atómica que se consigna en la bibliografía y que aporta excelente material para el trabajo escolar.

A modo de síntesis se mencionan, siguiendo a Caamaño<sup>5</sup> (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 alumnos la discusión de ideas que permitan identificar la situación a resolver, conceptualizarla, formular las posibles hipótesis y clarificar las variables a investigar.
- *Fase de planificación de los pasos de la investigación*: en la que se confeccionan los planes de trabajo y se los coteja con el grupo de pares y con el docente.

<sup>5</sup> Jiménez Aleixandre, M. P. y otros, *Enseñar ciencias*. Barcelona, Graó, 2003.

- *Fase de realización:* en la que se llevan a cabo los pasos planificados, realizando la búsqueda de información o la recolección de datos experimentales.
- *Fase de interpretación y evaluación:* en la que los datos relevados se valoran, se interpretan y se comparan con los de otros grupos y otras fuentes hasta establecer su validez.
- *Fase de comunicación:* en la que se redactan informes o se expresan las conclusiones en forma oral al grupo o a la clase, propiciando los debates sobre los resultados o planteando nuevas investigaciones asociadas, que permitan profundizar la problemática trabajada. Es importante en este caso que la comunicación se establezca utilizando diversos formatos: afiches, láminas, gráficos, tablas, demostraciones de cálculos y no sólo a través de informes.

Es necesario recalcar que una tarea importante a cargo del docente es guiar a los alumnos 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 alumnos 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. *Resulta preciso insistir en la realización de planes de acción, discutirlos con los grupos de alumnos, dar orientaciones específicas o sugerencias cuando sea necesario, así como disponer los medios adecuados para la realización de las investigaciones, coordinar los debates o plenarios para hacer circular y distribuir entre los alumnos los resultados y conclusiones alcanzados.* Asimismo, es importante considerar los tiempos que requieren las investigaciones escolares. *Es preciso planificar el tiempo y generar las oportunidades necesarias para los aprendizajes que deben realizarse 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 profundidad de la cuestión planteada, entre otros factores, pero es necesario establecer que una investigación escolar requiere, como mínimo, de tres clases en las que puedan realizarse las fases de identificación y planificación, la de realización y finalmente la de comunicación.

De acuerdo con lo planteado, las actividades de investigación propuestas en las clases de Físicoquímica deben estar orientadas de modo que los alumnos 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 de la búsqueda de información;
- diseñar experiencias o nuevas preguntas que permitan corroborar o refutar la hipótesis;
- realizar experiencias sencillas;
- utilizar registros y anotaciones;
- utilizar los datos relevados para inferir u obtener conclusiones posteriores;
- encontrar alternativas de solución ante los problemas presentados que sean coherentes con los conocimientos físicos y 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 alumnos para la resolución de la tarea, aceptando los aportes de todos y descartando aquellos que no sean pertinentes tras la debida argumentación.

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 de laboratorio o de técnicas que deban usarse al resolver el problema;

- plantear conflictos y contradicciones entre las ideas intuitivas o incompletas de los alumnos 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 alumnos sobre los temas propuestos;
- estimular la profundización de los conceptos necesarios y precisos para responder a las preguntas o problemas formulados, tal 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 alumnos.

En esta materia puede proponerse la realización de investigaciones escolares en relación con prácticamente todos los contenidos planteados para este 3° año. Las preguntas a formular deben tener en cuenta los contenidos planteados en este año, tanto en lo relacionado con los conceptos como con los procedimientos a enseñar.

*Las investigaciones escolares que se realicen deben presentarse a partir de problemas o preguntas que deban ser profundizados con ayuda bibliográfica o a través de 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 como en los siguientes casos:

- Estudiar las velocidades de reacción y las variables implicadas mediante la comparación entre las reacciones de combustión y de oxidación de metales.
- Indagar sobre el fenómeno de efecto invernadero y las consecuencias del mismo. Comparar este efecto en diferentes períodos y en relación con los procesos de industrialización.
- Investigar el efecto de la radiación sobre el ambiente y los seres vivos,
- Investigar el fenómeno de lluvia ácida, sus causas, consecuencias ambientales y los procesos químicos involucrados en el mismo.
- Relevar los factores que inciden en el fenómeno de corrosión de metales, así como los medios en el que el mismo se atenúa en situaciones cotidianas –convertidores de óxido, inhibidores de corrosión– entre otros.
- Averiguar qué combustibles se utilizan para producir energía eléctrica, su importancia estratégica, la contaminación que producen, los modos de reducir efectos perjudiciales, el impacto de los procesos de industrialización de acuerdo con los combustibles que se requieran en las diversas industrias, así como estimar el consumo que implican y hacer comparaciones entre diversas regiones dentro de la provincia, del país o del mundo.
- Investigar los principales usos de la radiactividad en medicina y en la industria.

Para trabajar este tipo de problemas, pueden ser útiles los siguientes valores calores de combustión para alcanos sencillos como el metano, etano y propano [ver Tabla 1], respectivamente, con los que puede estimarse la cantidad de combustible necesario para obtener determinada cantidad de energía en relación con requerimientos industriales o domésticos. También pueden usarse las tablas de calores específicos y de conductividades térmicas [ver Tabla 2] para determinar la cantidad de energía necesaria para calentar algunos de estos materiales o bien diseñar posibles formas de aislamiento térmico.

Reacción	Calores de combustión de tres hidrocarburos comunes (Kcal/g)
$\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	-12
$2\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) + 7\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 4\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	-11,37
$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 3\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	-12,07

**Tabla 1.** Calores de combustión para los tres primeros alcanos (adaptado de *Química Orgánica* de T. W., Graham Solomons).

Material	Calor específico (J/g.°C)	Conductividad (W/m.°C)
Acero	0,460	47-58
Agua	4,18	0,58
Aire	----	0,02
Alcohol	2,51	0,16
Bronce	0.36	116-186
Cinc	0,389	106-140
Cobre	0.39	372,1-385,2
Corcho	1,96	0,04-0,30
Estaño	0,25	64,0
Fibra de Vidrio	----	0,03-0,07
Ladrillo	0,45	0,80
Ladrillo Refractario	0,88	0,47-1,05
Parafina	1,590	0,21
Plata	0,235	406,1-418,7
Vidrio	0.838	0,6-1,0

Tabla 2. Calores específicos y conductividades térmicas.

Además, y en las reacciones de combustión de hidrocarburos sencillos, utilizados cotidianamente para calefaccionar viviendas o escuelas, es interesante estudiar las *reacciones de combustión incompleta*, es decir, aquellas que se producen cuando hay insuficiencia de oxígeno en el ambiente, tema que puede relacionarse con la *asfixia por monóxido de carbono*. Una posible ecuación para representar dicho proceso es:



Es interesante trabajar con los alumnos cómo la escasez de oxígeno impide que la combustión sea completa –con la consiguiente formación de monóxido de carbono, en lugar de dióxido de carbono– y cómo el cambio en las relaciones cuantitativas entre los reactivos, lleva a la obtención de otros productos, de alta toxicidad en este caso. Del mismo modo, es pertinente hacer evidentes las medidas de seguridad que son necesarias en este caso, como la ventilación adecuada de los ambientes, así como las consecuencias que este proceso químico, trae aparejadas para los seres vivos. Se puede ampliar el tema en relación con las normas de seguridad que son obligatorias en este sentido y el fundamento de las mismas.

## UTILIZAR MODELOS

Como ya se mencionara en el apartado *La enseñanza de las Ciencias Naturales en la ES*, 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, 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. Así, al dejar de lado el problema que el modelo procura resolver, éste se transforma sólo en un esquema estático y no representa ninguna realidad. 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 alumnos cuál es la finalidad de su construcción, a qué pregunta o problema responde dicha modelización (por ejemplo el modelo del átomo), qué aspectos toma en cuenta y cuáles omite, en qué sentido está en correspondencia con la evidencia experimental y en qué medida es una construcción idealizada de los fenómenos que pretende explicar. Es decir, trabajar con el modelo, sus bases y la concepción que de él se desprende, de modo tal que el mismo sea interpretado y utilizado en la explicación de determinado fenómeno en lugar de ser memorizado sin comprender su contenido.

Es necesario tener presente que los alumnos tienen representaciones y discursos previos que han construido en etapas anteriores,<sup>6</sup> acerca de cómo suceden los fenómenos naturales. Estas representaciones son conjuntos de ideas entrelazadas que sirven para dar cuenta de fenómenos o de situaciones muy amplias como la flotación, el movimiento de los objetos, o la disolución de un sólido en un líquido.

Conocer estas representaciones es más que reconocer si los términos empleados por los alumnos 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 las partículas portadoras de carga negativa? o ¿en qué unidades se expresa el calor específico de una sustancia?, sino preguntas del estilo, ¿cómo se mantiene encendida la llama de la hornalla? ¿Qué sucede con una madera cuando arde o se quema? o ¿Por qué los hornos tienen ventanas de vidrio grueso?

Cualquier nueva representación que esté implicada en los modelos de ciencia escolar que se pretenda enseñar, se construirá a partir de los significados de los alumnos. 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 alumnos, 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 alumnos 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 alumnos, 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. Con relación al trabajo con modelos simbólico/matemáticos, será importante tener en cuenta dos cuestiones:

- que 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;
- que dado que estos modelos no surgen como producciones del aula sino que son “transpuestos” a partir de modelos científicos, el trabajo del docente en este caso 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 de una variable).

<sup>6</sup> Driver, R., *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid, MEC/Morata, 1989.

---

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. El mismo está en consonancia con los modos propios de este campo de conocimiento y su didáctica, así como con los contenidos propuestos. 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 Físicoquímica, Trabajar con problemas y Utilizar modelos, son centrales a la hora de construir conocimientos en esta materia e indispensables para la formación del alumno en este campo de conocimientos y en relación con aprendizajes futuros.

# ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN

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

En la evaluación, los contenidos no están desligados de las acciones o procedimientos a los cuales se aplican o transfieren. Por lo tanto, la evaluación de los conceptos debe ser tan importante como la de los procedimientos y esto implica revisar los criterios y los instrumentos utilizados en relación a los aprendizajes de los alumnos, 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 alumnos ya han incorporado previamente, tanto en su escolaridad anterior como en su experiencia no escolar. Por otro, conocer qué están aprendiendo los alumnos 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 alumnos, 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 alumnos.

## RELACIONES ENTRE ACTIVIDADES EXPERIMENTALES Y EVALUACIÓN

En Físicoquímica, 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 alumno–, sino también la explicitación de lo que el alumno 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 para hacerlo en forma diferencial. 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, alumnos, colegas, padres y directivos, puesto que se trata de que los alumnos 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.

**a. Para el núcleo de contenidos relativo a los intercambios de energía térmica:** *diseñar o realizar experiencias que permitan determinar el calor específico de una sustancia usando materiales adecuados y efectuando las mediciones que resulten pertinentes.*

Para poder evaluar en qué grado los alumnos han podido cumplir con este objetivo o arribar a este punto algunos criterios podrían ser:

- conocer el significado de calor específico y sabe en qué unidades se expresa;
- reconocer qué es un calorímetro y cuál es su funcionalidad;
- conocer la ecuación fundamental y sabe para qué se la usa;
- expresar con palabras los pasos que debe realizar;
- relacionar las cantidades y los objetos de la experiencia con las magnitudes que se presentan en las ecuaciones;
- ser capaz de llevar adelante mediciones en forma autónoma o necesita ayuda;
- volcar adecuadamente los datos medidos en una tabla de doble entrada y graficarlos;
- predecir las posibles fuentes de error en la experiencia llevada a cabo y señalar como mejorarla;
- redactar un informe de los resultados, extrae conclusiones y analiza las posibles causas de error.

**b. Para el núcleo de contenidos sobre energía nuclear:** *realizar un investigación bibliográfica acerca de las aplicaciones de la radiactividad y de cómo se la utiliza en la Argentina.*

Para poder evaluar en qué grado los alumnos han podido cumplir con este objetivo o arribar a este punto algunos criterios podrían ser:

- conocer la diferencia entre reacción nuclear y radiactividad;
- ser capaz de formularse preguntas, en forma individual o grupal que puedan luego ser investigadas;
- conocer fuentes de donde obtener información;
- recolectar información en forma adecuada y organizada;
- organizar la información de acuerdo a categorías propias o ajenas;
- 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.

**c. Para el núcleo de contenidos sobre uniones químicas:** *representar correctamente las estructuras de Lewis para sustancias binarias iónicas y covalentes prediciendo las geometrías moleculares en los casos en que corresponda, interpretando correctamente las uniones formadas y dar las fórmulas de las mismas.*

Para poder evaluar en qué grado los alumnos han podido cumplir con este objetivo o arribar a este punto algunos criterios podrían ser:

- saber representar estructuras de Lewis;
- interpretar el significado de los simbolismos utilizados en esta representación;
- diferenciar unión iónica de covalente;
- conocer criterios para diferenciar el tipos de unión de cada sustancia; y los aplica correctamente en los casos presentados;
- conocer los postulados de TRePEV y el significado de los términos que usa esta teoría;
- predecir la geometría molecular de un compuesto binario dado, explicando el resultado en base a los postulados de la TRePEV;
- escribir y balancear las hemi-ecuaciones que representan la formación de un enlace iónico, explicando en palabras el cambio ocurrido en dicha transformación;
- explicar las propiedades de un compuesto binario a partir del tipo de unión química que se establece entre los átomos de los elementos que lo componen;
- conocer las reglas de asignación de los números de oxidación;
- realizar correctamente la asignación de los números de oxidación y utiliza convenientemente la convención adoptada para nombrarlo.

## 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 de 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 alumnos, 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 alumno "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 alumnos 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 Físicoquímica 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 alumnos 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, enumeramos algunos de estos.

Para los conceptos:

- *el conocimiento de hechos o datos* (nombre de elementos químicos, sus símbolos, nomenclatura de diversas sustancias, las unidades en que se mide la temperatura o la energía, el nombre las distintas formas de radiactividad);
- *La definición y/o reconocimiento* de definiciones (qué es el número atómico, el número de masa, el enunciado de la ecuación de conducción del calor y la ecuación fundamental de la calorimetría, entre otros);
- *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 alumno conoce las acciones que componen el procedimiento 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 calor cedida o absorbida por un sistema.
- *La utilización en una situación determinada*, por la que se trata de constatar si una vez conocido el procedimiento, se logra aplicar. Por ejemplo: cómo construir un calorímetro con material de uso cotidiano; el cálculo de la diferencia de temperatura que se produce en un sistema por intercambio de calor, entre otros.
- *La generalización del procedimiento a otras situaciones* en la que se trate de ver en qué medida el procedimiento se ha interiorizado y es capaz de extrapolarse a problemas análogos asociadas a otras temáticas. ¿Cómo se podría estimar si un lago o un río fueron afectados por el fenómeno de lluvia ácida? ¿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 alumnos son capaces de utilizar el más adecuado a la situación que se presenta. Por ejemplo, ¿es conveniente usar un gráfico cartesiano para representar estos datos? ¿Se puede aislar térmicamente una habitación de la misma manera que se hace para un calorímetro?

En todo caso debe advertirse que 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 promueva 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 alumnos 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 alumnos 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 alumnos son capaces de responder a los siguientes interrogantes:

- a. ¿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); poder clarificar cuál es el problema origen es un paso necesario para poder evaluar el modelo y además es una muestra importante de aprendizaje porque implica una profunda reflexión sobre el mismo.
- b. ¿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 explicitar las variables o postulados correspondientes a cada uno de los modelos que se utilicen, así como pedir a los alumnos que hagan explícitos los mismos al explicar el funcionamiento de un modelo, o predecir el comportamiento de un sistema a partir de su uso. En particular, para el tema de geometría molecular, es deseable, por un lado, que los alumnos señalen cuáles son los postulados que resultan necesarios en cada caso para predecir la geometría de una molécula. Por otro, es importante que los alumnos 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 2º año de la ES, en este 3º año de la Educación Secundaria, se plantea la reflexión sobre los modelos trabajados.
- c. ¿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 alumnos 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 alumnos sobre la estructura interna de la modelo, analizada en el punto anterior.

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 alumnos 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 alumnos 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 alumno es quien las realiza– hacia un lugar de mayor autonomía en el que el alumno pueda plantearse problemas, seleccionar sus propias estrategias de resolución, planificar el curso de sus acciones, administrar su tiempo y realizar evaluaciones parciales de sus propios procesos, reconociendo logros y dificultades.

En este sentido y en consonancia con la propuesta del Diseño Curricular, la evaluación constituye un punto central en la dinámica del aprendizaje por diversas razones. En primer lugar, porque el trabajo de construcción de conocimiento, tal como es entendido en esta propuesta, es un trabajo colectivo, en la medida en que todos participan individual y grupalmente de la construcción de modelos explicativos, del diseño e implementación de las investigaciones, de las argumentaciones y de las actividades generales de aprendizaje que se propongan. Por lo tanto, es menester que la evaluación

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

Para favorecer este proceso tendiente a la autoregulación 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 alumno 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 alumnos para argumentar y sostener criterios frente a otros.
- La *coevaluación*, entendida como una guía que el docente brinda a sus alumnos 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 alumnos 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 alumno 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 alumno corrija su prueba escrita siguiendo los criterios aportados por el docente, sino más bien, en un proceso en el cual el alumno pueda gradualmente lograr la *anticipación y planificación* de sus acciones y la *apropiación* de los criterios de evaluación.

# BIBLIOGRAFÍA

## FÍSICA

Alonso, Marcelo y Finn, Edward, *Física. Campos y ondas*. México, Fondo Educativo Interamericano, 1970.

Giancoli, Douglas, *Física. Principios y aplicaciones*. Barcelona, Reverté, 1985.

Halliday, David, y Resnick, Richard, *Fundamentos de Física*. México/Barcelona, CECSA, 1978.

Hewitt, Paul, *Física conceptual*, Addison Wesley Iberoamericana, 1995.

Holton, Greg, *Introducción a los conceptos y teorías de las Ciencias Físicas*. Barcelona, Reverté, 1988.

PSSC., *Física*. Barcelona, Reverté, 1975.

Tipler, Paul, *Física*. Barcelona, Reverté, 1978.

## QUÍMICA

Beltrán, Faustino, *Fórmulas químicas razonadas*. Buenos Aires, Plus Ultra, 1980.

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.

Chang, Raymond., *Química*. México, McGraw-Hill, 1992

Dickerson, Richard E., *Principios de Química*. Barcelona, Reverté, 1983.

Galagovsky, Lydia., *Química Orgánica, Fundamentos teórico prácticos para el laboratorio*. Buenos Aires, EUDEBA, 2002

Gillespie, Richard, *Química*. Barcelona, Reverté, 1990.

*QuimCom., Química en la Comunidad*, Wilmington, EUA, Addison Wesley Iberoamericana, 1997

## HISTORIA 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*. Colihue, 1998.

Kuhn, Thomas. S., *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid, Breviarios, Fondo de Cultura Económica, 1975.

Gamow, George, *Biografía de la Física*. Madrid, Alianza, 1980.

Leicester, Henry M., *Panorama histórico de la Química*. Madrid, Alhambra, 1967.

Mason, Stephen, *Historia de las Ciencias*. Madrid, Alianza, 1985.

## FILOSOFÍA Y SOCIOLOGÍA DE LA CIENCIA

Sebastián Aguilar, C., "La naturaleza de la Ciencia y sus implicaciones didácticas" en Sebastián, C. y otros, *Aspectos didácticos de Física y Química 1*. Bachillerato. Zaragoza, ICE de la Universidad de Zaragoza, 1985.

## DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES

- Astolfi, Jean. P., *Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas*. Sevilla, Díada, 2001.
- Beltrán, Faustino y otros, *Está escrito... ¡pero está mal! (en química)*. Buenos Aires, Magisterio Río de la Plata, 1999.
- Benlloch, Monse, *Por un aprendizaje constructivista de las ciencias*. Madrid, Visor. 1998.
- Cañal, Pedro, *Investigación escolar y estrategias de enseñanza por investigación, Investigación en la escuela*, 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*, ICE Horsori, 1999.
- García, Juan E. y García, Francisco, *Aprender investigando*. Sevilla, Díada, 1989.
- Gil, Daniel y otros, *La enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona, ICE de la Universidad de Barcelona/Horsori, 1991.
- Gil, D. "Tres paradigmas básicos en la Enseñanza de las Ciencias" en *Enseñanza de las Ciencias 1*, 1983.
- Giordan, Andre, *La enseñanza de las Ciencias*. Madrid. Siglo XXI, 1982.
- Jiménez, María Pilar, "Estrategias en la enseñanza de las Ciencias Experimentales" en *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcalá de Henares, Universidad de Alcalá, 1989.
- Jiménez Aleixandre, María Pilar y otros, *Enseñar ciencias*. Barcelona, Graó, 2003.
- Jorba, Jaume y Prat, Àngel, *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.
- Liguori, Liliana y Noste, María Irene, *Didáctica de las Ciencias Naturales*. Rosario, Homo Sapiens, 2005.
- Marco, Berta y otros, *La enseñanza de las Ciencias Experimentales*. Madrid, Narcea, 1987.
- Marco, Berta, y otros., "Elementos didácticos para el aprendizaje de las Ciencias Naturales" en *Educación Abierta*, Nº 17, ICE, Universidad de Zaragoza, 1987.
- Minnick. Santa 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.

## DIVULGACIÓN SOBRE TEMAS DE FÍSICOQUÍMICA

- Camilloni, Inés y Vera, Carolina, *El aire y el agua en nuestro planeta*. Buenos Aires, Eudeba, 2006.
- De Florian, Daniel, *Una expedición al mundo subatómico*. Buenos Aires, Eudeba, 2006.
- Duffó, Gustavo, *Biomateriales. Una mejor calidad de vida*. Buenos Aires, Eudeba, 2005.
- Estrin, Darío y otros, *Construyendo con átomos y moléculas*. Buenos Aires, Eudeba, 2006.
- De la Rosa, Miguel Angel, *Las fronteras del conocimiento*. Salamanca, Addison-Wesley Iberoamericana, 1996.

## RECURSOS EN INTERNET

<http://www.cnea.gov.ar>

Página de la Comisión Nacional de Energía Atómica: contiene importante y abundante información sobre los temas vinculados a la radiactividad y al proceso de producción de energía núcleo-eléctrica. Dispone de textos, diagramas e ilustraciones que pueden bajarse en forma libre, redactados para el público no especializado, en un lenguaje accesible para los alumnos de este nivel.

<http://redteleform.me.gov.ar/pac/>

Página del Ministerio de Educación de la Nación sobre Alfabetización Científica: contiene múltiples actividades y planificaciones de posibles intervenciones docentes, así como experiencias sencillas de aula. Es muy interesante y se encuentra en consonancia con la propuesta del presente Diseño Curricular.

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

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>

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](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>

Apuntes y ejercicios sobre Física y Química.

<http://redteleform.me.gov.ar>

Actividades y recursos en el marco del Proyecto para la Alfabetización Científica.

<http://www.aula21.net>

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

[www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm)

Curso completo de física con gran variedad de applets (programas de simulación) interactivos 110 sitios de ciencia en Internet. Esta página da sugerencias y links contiene más de un centenar de sitios educativos donde encontrar material para las propuestas de aula.

[http://www.lanacion.com.ar/Archivo/nota.asp?nota\\_id=888146](http://www.lanacion.com.ar/Archivo/nota.asp?nota_id=888146)





# AUTORIDADES

PROVINCIA DE BUENOS AIRES

DN. DANIEL SCIOLI

DIRECTOR GENERAL DE CULTURA Y EDUCACIÓN

PRESIDENTE DEL CONSEJO GENERAL DE CULTURA Y EDUCACIÓN

PROF. MARIO OPORTO

VICEPRESIDENTE 1° DEL CONSEJO GENERAL DE CULTURA Y EDUCACIÓN

PROF. DANIEL LAURÍA

JEFE DE GABINETE

LIC. GUSTAVO GRASSO

SUBSECRETARIO DE EDUCACIÓN

LIC. DANIEL BELINCHE

DIRECTOR PROVINCIAL DE GESTIÓN EDUCATIVA

PROF. JORGE AMEAL

DIRECTOR PROVINCIAL DE EDUCACIÓN DE GESTIÓN PRIVADA

DR. NÉSTOR RIBET

DIRECTORA PROVINCIAL DE EDUCACIÓN INICIAL

MG. ELISA SPAKOWSKY

DIRECTORA PROVINCIAL DE EDUCACIÓN PRIMARIA

PROF. MARÍA DE LAS MERCEDES GÓNZALEZ

DIRECTORA PROVINCIAL DE EDUCACIÓN SECUNDARIA

MG. CLAUDIA BRACCHI

DIRECTORA PROVINCIAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR Y CAPACITACIÓN EDUCATIVA

LIC. MARÍA VERÓNICA PIOVANI

DIRECTOR DE EDUCACIÓN ARTÍSTICA

PROF. SERGIO BALDERRABANO

DIRECTOR DE EDUCACIÓN FÍSICA

PROF. ALEJANDRO RICCI

ES3

