

BIOLOGÍA

4° Año

Biología y su enseñanza en el Ciclo Superior de la Escuela Secundaria

En la escuela secundaria la materia Biología se enmarca en los propósitos generales de la Educación Secundaria y en el más específico de “Alfabetización Científica” (A.C.) de las Ciencias Naturales, cuyos principios fundamentales están ampliamente desarrollados en los Diseños Curriculares de Ciencias Naturales del Ciclo Básico. A continuación se sintetizan brevemente estos principios.

En primer lugar, la A.C. es una metáfora de la alfabetización tradicional, de la cual “toma prestados” dos conceptos centrales: la educación básica y la educación para todos. Estas premisas, que están en consonancia con lo planteado en el Marco General del Diseño Curricular¹, nos obligan a diseñar estrategias didácticas específicas para lograr que las desigualdades no impidan la realización del derecho de todos los adolescentes y jóvenes a acceder a este aspecto de la cultura que es la ciencia, en particular la Biología.

En segundo lugar, la A.C. es un modo de designar una finalidad educativa, la de introducir a los alumnos en una cultura científica. “En un mundo repleto de productos de la indagación científica, la alfabetización científica se ha convertido en una necesidad para todos: todos necesitamos utilizar la información científica para realizar opciones que se plantean cada día; todos necesitamos ser capaces de implicarnos en discusiones públicas acerca de asuntos importantes que se relacionan con la ciencia y la tecnología; y todos merecemos compartir la emoción y la realización personal que puede producir la comprensión del mundo natural”². De este modo, la enseñanza de la Biología en el marco de la alfabetización científica se orienta a superar la habitual transmisión “aséptica” de conocimientos científicos, incluyendo una aproximación a la naturaleza de la ciencia y a la práctica científica y, sobre todo, pone énfasis en las relaciones ciencia-tecnología-sociedad, con vistas a favorecer la participación ciudadana en la toma de decisiones fundamentadas.

En la idea de Alfabetización Científica subyace también una cierta concepción de ciencia diferente de las que forman parte del imaginario social. Un ciudadano científicamente alfabetizado debe poder desmitificar a la ciencia concebida como una producción que se dice objetiva en virtud de poseer un método científico infalible que garantiza el acceso a la verdad.

La enseñanza de la Biología desde el punto de vista de la AC considera a la ciencia como una actividad humana caracterizada por sus modos particulares de generar conocimiento, a partir de la construcción de modelos explicativos e interpretativos, sujetos a debate, disensos y consensos; inserta en un contexto histórico y social particular y atravesada por sus contradicciones. En tanto construcciones humanas, se le reconocen tanto sus alcances como sus limitaciones.

La Biología es una ciencia que ha tenido un desarrollo vertiginoso en los últimos años, pero sus bases teóricas fundamentales tienen una larga historia. Dicha historia ha producido diferentes modos de abordar el estudio de los seres vivos, cada uno de ellos partícipe de una revolución en el pensamiento biológico de su tiempo.

¹ “Esta nueva estructura tiene en el centro de sus preocupaciones el desafío de lograr la inclusión para que todos los jóvenes y las jóvenes de la provincia terminen la educación obligatoria, asegurando los conocimientos y herramientas necesarias para completar los estudios secundarios

² Fourez, Gerard, *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires, Colihue, 1997.

La *Teoría de la Evolución* se ha erigido como referencia obligada del conocimiento biológico y supone el soporte conceptual, desde hace 150 años, de cualquiera de los abordajes que implican entender la vida en la Tierra.

El pensamiento fisiológico, surgido durante el renacimiento, se fue construyendo desde la descripción estructural y funcional de órganos y tejidos hacia la explicación celular y molecular de las principales funciones vitales.

La biología celular y molecular y su confluencia con la genética mendeliana proveyó en los años 50 un nuevo giro revolucionario para pensar la vida cuyas implicancias teóricas y prácticas nos son cada vez más evidentes y cotidianas. A su vez, *la ecología* considerada en un principio, tímidamente como una rama menor de la biología, se independizó a partir de la posguerra como una ciencia autónoma que, con herramientas conceptuales y metodológicas particulares, proponen una mirada holística y sistémica sobre la vida y sus complejas interacciones con los subsistemas terrestres.

Este breve recorrido sobre los cambios producidos en teorías y métodos de estudio que confluyeron en configurar la Biología contemporánea, da cuenta del profundo cambio operado en este campo de conocimiento desde la antigua pretensión de los naturalistas de describir y catalogar el mundo vivo hacia el convencimiento de los biólogos actuales acerca de las posibilidades de explicarlo e incluso transformarlo.

Con el propósito de transmitir a los alumnos un panorama sustantivo del conocimiento biológico, de los modelos y metodologías que confluyen en conformar su estado actual, y del impacto que este conocimiento tiene sobre la manera de ver el mundo vivo y sobre los desarrollos tecnológicos que impactan directamente sobre la vida de las personas, la materia Biología está estructurada según tres dimensiones.

Desde la dimensión conceptual, la materia se estructura sobre la base de unas pocas “grandes teorías” que le aportan significado a cada nuevo descubrimiento, aplicación o interrogante dentro de este campo. Esta dimensión se funda en los tres pilares en que se basa la Biología para el estudio de los seres vivos. Los hemos llamado “modos de pensamiento” para dar cuenta de que se trata de un cuerpo de conocimientos que no solo incluye conceptos sino también unas maneras particulares de pensar e investigar los fenómenos biológicos. Estos son: un modo de pensamiento sistémico y ecológico, un modo de pensamiento evolutivo, y un modo de pensamiento fisiológico. Estos atraviesan la enseñanza de la Biología a lo largo de toda la secundaria.

La materia Biología se concibe como una unidad pedagógica y didáctica desde primero a cuarto año. En el ciclo básico los estudiantes han tenido oportunidad de aprender los conceptos básicos relacionados con los tres pilares conceptuales definidos para la enseñanza de la Biología. En cada uno de los tres primeros años los contenidos han sido seleccionados y organizados poniendo énfasis en alguno de dichos modos de pensamiento. En primer año abordaron el estudio de los seres vivos desde una perspectiva sistémica aproximándose - desde este modo de pensamiento - a las funciones básicas de los seres vivos, los ecosistemas y el organismo humano. En segundo año, con énfasis en la perspectiva evolutiva, estudiaron el origen y la evolución de la vida centrándose en la idea de ancestro común y el mecanismo de selección natural. Asimismo abordaron, desde esta perspectiva, la función de reproducción en los seres vivos, en particular en el organismo humano; y los mecanismos de la herencia. En tercer año, desde una mirada más centrada en lo fisiológico, estudiaron los mecanismos de intercambio de información, regulación y control en los seres vivos, incluyendo una introducción a las bases moleculares de la información genética.

La enseñanza de los contenidos de Biología de cuarto año se sustenta fuertemente en los aprendizajes logrados en el ciclo básico, no solo en esta materia sino también en fisicoquímica, en particular aquellos relacionados con los procesos que implican transformaciones e intercambios de materia y energía que se retoman para utilizarlos en el análisis de los fenómenos biológicos..

Así, Biología de cuarto año está centrada en los procesos que involucran las transformaciones de la materia y la energía en los distintos niveles de organización, desde el celular, pasando por los sistemas de órganos (con énfasis en el organismo humano) hasta los ecosistemas. En este sentido se retoma con mayor profundidad el enfoque sistémico como modelo que permite interpretar estos fenómenos en cualquiera de los sistemas que se analicen. Por ello, sea cual sea el sistema que se esté analizando, el docente hará hincapié en las siguientes nociones: Las interacciones entre subsistemas de un sistema mayor. Las interacciones entre los sistemas y su entorno. Propiedades emergentes de los sistemas en los distintos niveles de organización. La relación estructura/función. La complejidad de los sistemas en función tanto de la variedad de elementos que los componen como de las interacciones que se establecen entre ellos. La definición de los límites de un sistema en función del objeto de estudio. El equilibrio y la regulación de los sistemas biológicos

Desde este punto de vista, los modos de pensamiento que se privilegian son el sistémico y el fisiológico. Sin embargo, se aborda también el modo de pensamiento evolutivo al analizar la unidad de los seres vivos en relación con la función de nutrición como función universal y la diversidad de estructuras y comportamientos relacionados con ella que se han desarrollado a lo largo de la evolución.

Por otra parte, en cuarto año se continúa con otra de las dimensiones fundamentales que estructuran la enseñanza de la Biología, y que reúne contenidos vinculados con las *implicancias éticas, culturales y sociales* de la producción de conocimiento biológico. En particular, al estudiar al organismo humano en relación con la función de nutrición, por un lado se quiere enfatizar en el estudio del hombre como fenómeno biológico ya que comparte sus funciones universales con el resto de los seres vivos, y a la vez formando parte de un fenómeno cultural y social que es propio de nuestra especie y que por lo tanto nos caracteriza. En este sentido es fundamental no perder de vista los aspectos culturales y las creencias asociadas a este tema, así como los intereses de instituciones relacionadas con la investigación y producción de alimentos y el papel que juegan los medios de comunicación en la incitación al consumo desmedido y en relación con la generación de subjetividades respecto de la imagen corporal.

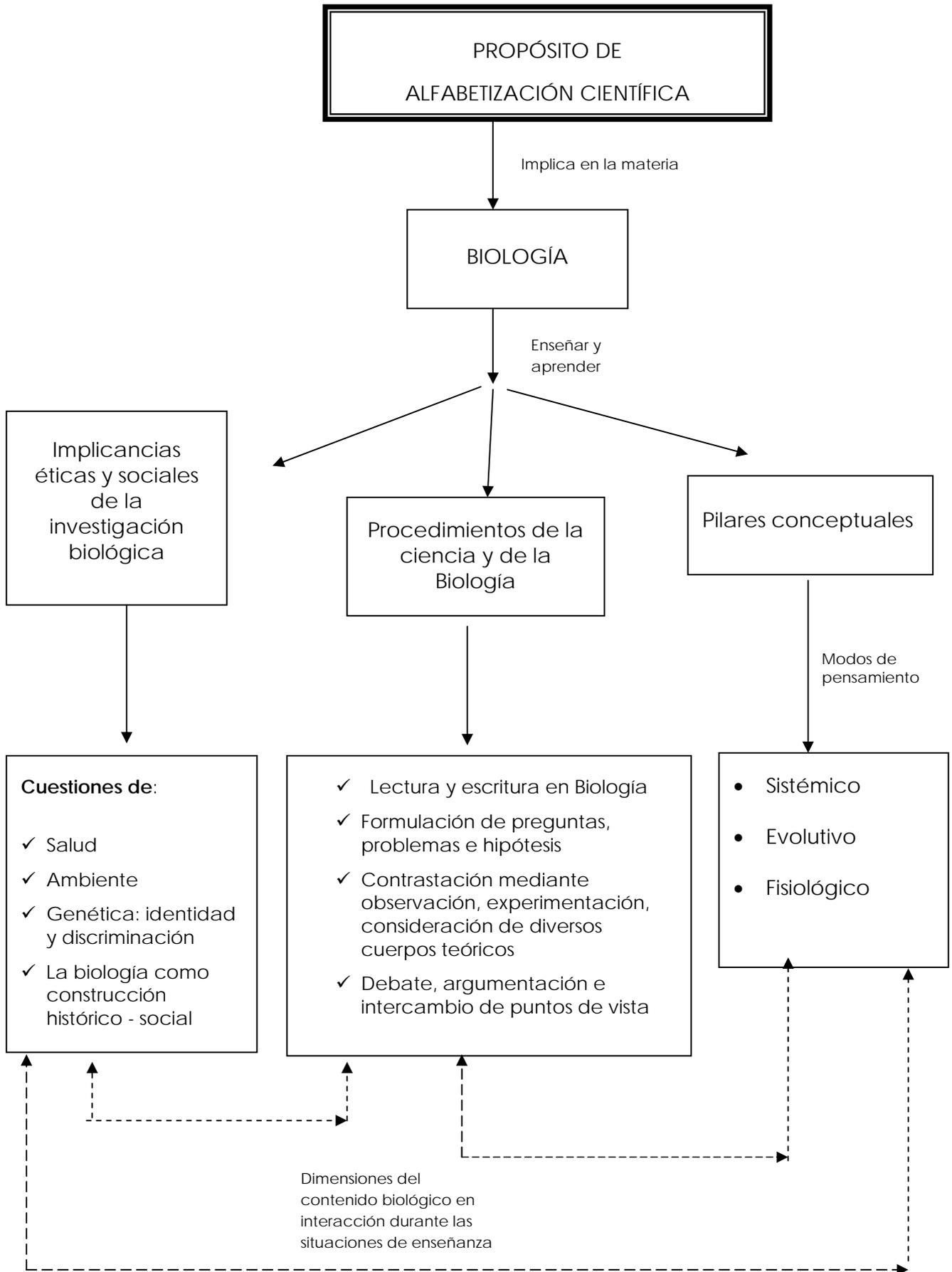
Del mismo modo, al estudiar la dinámica de los ecosistemas será necesario, junto con los aspectos conceptuales científicos, promover instancias de reflexión y debate relacionadas con el impacto del hombre sobre el ambiente. Estas deberán estar acompañadas de investigación y consulta en diferentes medios de comunicación, a fin de poner en evidencia la complejidad del tema, la multiplicidad de factores intervinientes y los distintos puntos de vista en relación con las responsabilidades y soluciones que se proponen.

Finalmente, en esta materia se incluyen aquellos contenidos que hacen a los procedimientos escolares. Esta dimensión hace referencia a los *modos de conocer* (lectura y escritura en Biología; formulación de problemas, preguntas e hipótesis; debate e intercambio de conocimientos y puntos de vista; etc.) relacionados con la ciencia y con la Biología. que deberán ser enseñados de manera articulada con las otras dos dimensiones, y planificadas expresamente por el docente.

La enseñanza de la Biología en la escuela secundaria implica, entonces, la necesidad de planificar *situaciones de enseñanza* que articulen la enseñanza de conceptos, de modos de

acercarse al conocimiento (modos de conocer) con las habilidades que incluyan la reflexión, la argumentación, el debate en torno al impacto de la ciencia en la vida de las personas y a las implicancias éticas, culturales y sociales del conocimiento científico.

Esto puede sintetizarse en el siguiente esquema:



Orientaciones didácticas

Por todo lo dicho anteriormente, la enseñanza de la Biología consiste no sólo en la transmisión de ciertos conceptos propios de la disciplina, sino también implica la enseñanza de unas maneras particulares de acercarse a este objeto de conocimiento, también llamadas *modos de conocer*, que, al ser saberes que no se adquieren espontáneamente, deben ser aprendidos en la escuela y, por lo tanto, son contenidos de enseñanza.

Entendemos por *situaciones de enseñanza* 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.

Al finalizar el desarrollo de cada una de ellas, se explicitan las prácticas tanto de los alumnos como de los docentes que habrán de desarrollarse para lograr los aprendizajes esperados.

Situaciones de lectura y escritura

Los alumnos de la escuela secundaria son sujetos lectores y escritores, sin embargo, es necesario atender a la especificidad que esta tarea cobra en la clase de Biología. Esta especificidad no sólo está dada por la terminología 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/as 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/as si se dan en un contexto más amplio de la actividad del aula, es decir, en relación con otras actividades que se realizan en torno a un tema de Biología (un experimento, la resolución de un problema, la participación en un debate) que dan sentido a la lectura.

También los saberes previos del lector condicionan la lectura y la interpretación de un texto. Las situaciones de lectura se enriquecen cuando los alumnos/as pueden intercambiar puntos de vista diferentes respecto de lo que leen, incluyendo los suyos propios, y tomar así 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/as 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 enriquece en la medida en que los alumnos/as 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/as 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 asociados a 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, a veces, pueden llevar a confusiones. En particular el modo impersonal que caracteriza la escritura de los textos científicos, en el que no se distingue quién es el que realiza la acción, pone en un mismo plano tanto la descripción de hechos que ocurren en la naturaleza independiente de la voluntad humana, y la descripción de herramientas o instrumentos que los científicos crean para estudiarlos. En este sentido suelen producirse grandes confusiones entre el objeto que se describe y las herramientas que se utilizan para hacerlo. Los alumnos/as deberán aprender a manejarse con estos modos de comunicar el conocimiento. Por ejemplo en el texto: *“Los organismos ocupan diferentes niveles tróficos según la manera en que adquieren energía”*. Los distintos organismos se agrupan en los distintos niveles tróficos según su modo de nutrición y las relaciones alimentarias que se establecen entre ellos. El primer nivel trófico es el de los productores y lo ocupan los organismos fotoautótrofos...” los alumnos deberán poder leer que los niveles tróficos no son lugares físicos que *existen* en la naturaleza y que son *ocupados* físicamente, sino que son construcciones teóricas que hacen los investigadores para clasificar a los organismos desde el punto de vista de las relaciones alimentarias que establecen entre sí. La clave para comprender esto está, posiblemente, en la frase “los distintos organismos se agrupan...” que deberá ser analizada como “son agrupados por los ecólogos...” Para ello será fundamental que el docente se detenga en estos fragmentos del texto, ponga en evidencia el problema mediante preguntas que cuestionen lo que allí se dice, y dé lugar a que surjan las distintas interpretaciones en el aula para, en conjunto, construir la más adecuada.

Otro aspecto de la interpretación de un texto científico que los alumnos tendrán que aprender, es detectar y preguntarse por aquello que el texto no dice porque lo da por supuesto. Por ejemplo, en el texto: “El gas más abundante en la tropósfera es el nitrógeno. A pesar de que es una de las sustancias indispensables para la vida, el nitrógeno en estado gaseoso no puede ser incorporado a las reacciones químicas que se producen en el organismo. Por este motivo, la proporción de nitrógeno molecular del aire inhalado es igual a la del aire exhalado”. En casos como este el alumno deberá poder interpretar que el nitrógeno puede estar en otro estado que no sea el gaseoso, y que los organismos pueden incorporarlo cuando está formando parte de otros compuestos no gaseosos.

Por otra parte, en los textos de biología los alumnos/as 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. Asimismo, muchas descripciones y explicaciones de conceptos de esta materia suelen apoyarse en diagramas, esquemas, gráficos que forman parte del lenguaje específico de esta disciplina, y que los alumnos deben aprender a interpretar correctamente.

Finalmente, en la clase de Biología son muchas las instancias en las que los alumnos/as deben elaborar producciones escritas: escriben para comunicar a otros lo que aprendieron, para describir un procedimiento, para realizar informes de observación o experimentación,

para 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/as 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/as textos con propósitos diferentes y los analice con ellos de manera de modelizar lo que se espera que ellos produzcan.

En las situaciones de lectura y escritura los alumnos/as 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 presentan 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/as a superarlas;
- dé explicaciones antes de la lectura de un texto para favorecer su comprensión en relación a las dificultades específicas que el texto plantea (terminología científica, uso de analogías, etc.);
- favorezca la problematización del sentido de ciertas formulaciones que parecen obvias pero que encierran complejidades que no son evidentes para los alumnos/as;
- 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 a través 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 la clase de Biología. Hay preguntas que son una demanda a una respuesta inmediata o puntual (¿qué órganos participan del proceso de respiración?), otras que no pueden abordarse sólo desde la ciencia (¿qué comidas deben ingerirse a lo largo del día?), y otras que abren una puerta para iniciar un camino de indagaciones en busca de respuestas y explicaciones (si la energía de un organismo pluricelular se produce en cada una de sus células, ¿cómo llega el alimento y el oxígeno a cada una de ellas? o Si en el ecosistema X formado por *tales* y *cuales* poblaciones, se introduce la especie Y ¿cuáles serían las consecuencias para dicho ecosistema?)

Estas son las preguntas sobre las cuales se pone el foco en este apartado: aquellas que promueven el desarrollo de investigaciones escolares y que se denominarán *preguntas investigativas*. 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, a través de las explicaciones del docente o de expertos, por medio de la experimentación o de la observación sistemática.

La formulación de preguntas investigativas no es una habilidad espontánea y, por lo tanto, debe enseñarse. En el trabajo en ciencia escolar es importante, sobre todo, que los alumnos/as comprendan que existen preguntas investigativas y preguntas que no lo son y que puedan distinguir entre ambas. Por otra parte, cuando un alumno ha podido formular una pregunta investigativa, o ha podido hacer propia una pregunta investigativa 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/as 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 investigativas, promoviendo el análisis colectivo de las mismas con vistas a mejorarlas y a hacerlas más pertinentes a los problemas que se están estudiando.

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 investigativas pero van más allá de ellas, presentando una situación que los alumnos/as 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/as, una vez que han aprendido un concepto, lo tomen como universal, o no reparen en nuevos desafíos que ese concepto plantea. Por ejemplo, una vez que los alumnos han aprendido la diferencia entre organismos autótrofos y heterótrofos, asumen a las plantas como autótrofas. Sin embargo, difícilmente se cuestionen acerca de la forma de nutrición de las células o partes de las plantas que no realizan fotosíntesis, o del embrión cuando aún está dentro de la semilla. Casos como estos son situaciones propicias para que el docente intervenga problematizando los conocimientos, y contribuyendo así a una mejor conceptualización en este caso de las formas de nutrición.

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/as tendrán oportunidades de:

- cuestionar lo que ven y lo que aprenden, y no aceptar las primeras evidencias como obvia;
- formular preguntas investigativas 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 investigativas o no;
- intervenga en clase problematizando los conocimientos, ayudando a los alumnos/as a formular nuevos problemas;
- dé oportunidades para que los alumnos/as formulen hipótesis y los invite a proponer de qué manera podrían ser contrastadas (por ejemplo a través de la observación y la experimentación, la búsqueda bibliográfica, la entrevista a especialistas o el trabajo de campo);
- analice con los alumnos/as 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/as 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 investigativa propuesta por los alumnos/as o el docente y sus hipótesis posibles, se deberá trabajar con los alumnos/as el modo de poner estas hipótesis a prueba. En paralelo, dado un experimento actual o histórico, el docente podrá plantear la cuestión de cuál sería la pregunta que el investigador trataba de contestar con esa experiencia.

Tanto en el diseño como en el análisis de experiencias, el docente deberá poner énfasis en la necesidad de identificar la variable a medir y de elegir una manera de medirla, dando oportunidades a los alumnos/as de evaluar las ventajas y desventajas de diferentes métodos. También deberá hacer hincapié en la necesidad de mantener las condiciones experimentales constantes con excepción de la condición que se desea investigar. En la realización de experiencias y observaciones es importante que el docente guíe a los

alumnos/as 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, acordar cómo registrar la información obtenida a fin de poder cotejar los datos después.

El diseño de experiencias es una buena oportunidad para el intercambio tanto de puntos de vista como de argumentaciones. Tanto la elección de los materiales y los métodos, y la selección de variables a controlar como las anticipaciones de resultados y sus interpretaciones pueden ser oportunidades de debate entre los alumnos/as 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. Este aspecto debe ser atendido particularmente cuando se observa a través del microscopio. Muchas veces se espera que los alumnos/as “vean” lo que se sabe que está sobre el portaobjetos. Sin embargo, identificar los objetos que se visualizan bajo el microscopio no es una tarea sencilla ni evidente.

El trabajo de esquematización de lo que se observa es un instrumento poderoso para el aprendizaje. En primer lugar, porque permite a los alumnos apropiarse de una herramienta propia del conocimiento biológico. En segundo lugar porque, comparar las producciones de distintos alumnos luego de la observación de un mismo objeto, permite poner en evidencia la relatividad y subjetividad de la observación, y la necesidad de realizar interpretaciones ajustadas de las mismas. En relación con este último aspecto, es fundamental que puedan comparar sus propios esquemas con otros que se muestran en diferentes libros de texto, y a la vez con microfotografías para establecer correlaciones entre las estructuras que se observan en unos y otras.

Del mismo modo durante las observaciones o durante el análisis del desarrollo o de los resultados de los experimentos, los alumnos/as tienden a reemplazar las explicaciones por descripciones o a enunciar los resultados como si fueran las conclusiones. Es necesario trabajar con ellos la idea de que se trata de operaciones diferentes en tanto las explicaciones y las conclusiones son elaboraciones más complejas que resultan de poner en relación los datos observables o los resultados experimentales entre sí, y a estos con las teorías o con las hipótesis que guiaron la investigación.

Muchas veces, además, los alumnos/as 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 será importante como parte del trabajo 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, con el objetivo de encontrar esas explicaciones.

En las situaciones de observación y experimentación los alumnos/as tendrá 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/as o presentadas por el docente en relación a una pregunta contestable;
- estimule el intercambio entre los alumnos/as 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 los alumnos/as tendrán que utilizar en diferentes momentos algunas de las teorías estudiadas en años anteriores (como las teorías de la evolución, la celular y la 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 (por ejemplo, que unos organismos se alimentan de otros) con otros no observables, de carácter abstracto o teórico (la existencia de un ciclo de materia y un flujo de energía a través de los distintos niveles tróficos) Estas “ideas teóricas” no se desprenden exclusivamente de la observación o la experimentación 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 desean 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 diferentes científicos o grupos de científicos y cómo estas ideas daban cuenta de diferentes datos de los 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/as a utilizar teorías aprendidas para explicar o predecir observaciones nuevas. En cualquier caso será importante que haga explícita la naturaleza abstracta de las ideas teóricas, diferenciando entre ellas y los observables, permitiendo a los alumnos/as ir de la idea teórica al fenómeno y viceversa.

Por último, los alumnos/as 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/as y las que se quieren enseñar, dando oportunidades de contrastar unas con otras y de analizar su correspondencia con los fenómenos, al seleccionar ejemplos de observables que cuestionen las teorías de los alumnos/as de manera de generar la necesidad de reformularlas.

En las situaciones de trabajo con teorías los alumnos/as 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 cómo 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:
 - presente 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;
 - advierta, cuando corresponda, sobre la existencia de esquemas explicativos alternativos;
 - centre la atención sobre la naturaleza no-observacional e imaginativa de las ideas teóricas y, al mismo tiempo, enfatice su relación con los datos observables de los que pretende dar cuenta;
 - observe 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;
 - plantee problemas u ofrezca información que pueda ser interpretada a través de las teorías aprendidas;
 - comunique a los alumnos/as, siempre que sea posible, el contexto en que se elaboraron las ideas teóricas modelos que se enseñan, cuáles son los problemas o preguntas que se busca responder a través 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 y el intercambio 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 posibilidad de explicitar ideas y, en particular, de dar argumentos para sostenerlas, son habilidades que los alumnos/as deben aprender y ejercitar con la guía de sus docentes. De allí la 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/as 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/as 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/as, 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/as y comienza a ser propiedad del conjunto de la clase.

Otras instancias de este tipo aparecen en el momento de analizar colectivamente preguntas e hipótesis formuladas por distintos grupos. Los alumnos/as 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 que sirve para que los alumnos/as 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. Si los alumnos/as han trabajado en grupos será esta una valiosa oportunidad para que organicen la información y la expongan luego oralmente teniendo en cuenta que sus receptores no conocen sobre el tema y deben comprender lo que se expone.

Finalmente, las informaciones que circulan en los medios de comunicación relacionadas con hallazgos científicos relacionados con la biología suelen plantear controversias que involucran no sólo 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/as intercambien sus pareceres procurando dar y recibir argumentos válidos.

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

- confrontar sus ideas con sus pares y con el docente;
- aceptar objeciones y revisar sus puntos de vista a partir de ellas;
- 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/as.

Carga horaria

La materia **Biología** correspondiente al 4° año de la escuela secundaria se encuentra en todas las orientaciones del Ciclo Superior.

Su carga horaria total es de 72 horas anuales, siendo su frecuencia de 2 horas semanales si su duración se implementa como anual.

Objetivos de enseñanza

- considerar como parte de la complejidad de la enseñanza de los conceptos biológicos, las representaciones y marcos conceptuales con los que los alumnos/as se aproximan a los nuevos conocimientos, y tomarlos como puntos de partida para el aprendizaje de conceptos más cercanos al conocimiento científico;
- favorecer el encuentro entre las experiencias y conocimientos de los alumnos, a propósito del estudio de fenómenos biológicos, y las teorías científicas que dan cuenta de dichos fenómenos;
- diseñar una propuesta para la enseñanza de la Biología escolar que genere espacios de trabajo colaborativo entre pares para favorecer la expresión de ideas sobre los fenómenos en estudio, así como su confrontación y argumentación;
- modelizar, desde su propia actuación, los modos particulares de pensar y hacer que son propios de las ciencias naturales, y de la biología en particular;
- planificar y desarrollar secuencias de enseñanza que incluyan actividades relacionadas entre sí a propósito de los contenidos que deberán aprender los alumnos;
- generar instancias de planificación de tareas con los alumnos que requieran cierta organización (actividades experimentales, las salidas de campo), promoviendo compartir el sentido de las mismas y la asunción de responsabilidades;
- explicitar los motivos de las actividades propuestas, así como los criterios de concreción y las demandas específicas que se plantean a los alumnos/as para la realización de sus tareas de aprendizaje en Biología;
- incluir en las clases instancias específicas de problematización de los contenidos enseñados que promuevan reflexiones, debates y consensos en torno a las implicancias éticas, culturales y sociales de las producciones científicas relacionadas con dichos contenidos;
- incluir en las clases instancias específicas de problematización de los contenidos enseñados que promuevan reflexiones, debates y consensos en torno a la manera en que “funciona” la ciencia, sus modos de producir conocimiento, sus alcances y limitaciones.

Objetivos de aprendizaje

Recorrer un trayecto que vaya:

- de describir y explicar fenómenos simples utilizando teorías y observaciones personales a explicar fenómenos más complejos utilizando los conceptos y modelos escolares estudiados en clase de Biología;
- de identificar a la ciencia y a la Biología como una actividad que “devela” verdades a fuerza de observación, y que posee autoridad para definir qué está bien y qué no; a comprenderla como actividad humana, sujeta a las controversias y conflictos que atraviesan la sociedad en la que se desarrolla;
- 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 conjeturas y ponerlas a prueba a través de la contrastación con fuentes ya sean experimentales, bibliográficas u otras;

- 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 sofisticada;
- de aceptar modelos y teorías acriticamente, a buscar las evidencias que los sustentan, y reconocer que nuevas evidencias y propuestas pueden requerir que se hagan modificaciones en las teorías científicas;
- de utilizar un lenguaje científico simple para presentar información científica, a manejar un vocabulario técnico más amplio que incluya términos más precisos, simbología apropiada, gráficos y otros recursos típicos del lenguaje científico;
- de leer textos de manera literal, a interpretarlos teniendo en cuenta el propósito de la lectura, los modelos científicos que les dan sustento, las relaciones con otros textos leídos o discutidos en clase, y el contexto en que fue escrito;
- de percibir las actividades escolares como tareas a cumplir en clase, a concebirlas como parte de un proceso de indagación escolar, cuyos propósitos comparte y con cuyas finalidades está comprometido.

Contenidos

Los contenidos están organizados en tres unidades:

Unidad 1: La función de nutrición – La nutrición en humanos

Unidad 2: El metabolismo celular: las células como sistemas abiertos

Unidad 3: Energía y materia en los ecosistemas

El orden en que se presentan las unidades ha privilegiado criterios didácticos antes que los que dictaría la lógica disciplinar. Según estos criterios, se propone abordar en una primera instancia aspectos ya estudiados en 1º año en relación con la nutrición como función básica de los seres vivos, la diversidad de estructuras y comportamientos desarrollados a lo largo de la evolución, en relación con esta función. Dentro de dicha diversidad, se abordará en profundidad la función de nutrición en el organismo humano. La primera unidad es propicia para profundizar en la noción de sistema como un modelo adecuado para el estudio de los intercambios y transformaciones de materia y energía. Este modelo podrá ser retomado para el análisis de los sistemas que se estudiarán en las siguientes unidades.

Una vez establecida la unidad y diversidad de los seres vivos en relación con la función de nutrición, la segunda unidad se focaliza en los procesos metabólicos celulares que son comunes a grandes grupos de seres vivos y que dan cuenta de la nutrición como una función universal. En esta unidad es esencial recuperar saberes de fisicoquímica aprendidos en años anteriores y resignificarlos en el marco del estudio de las transformaciones de la materia y la energía en los sistemas vivos.

Finalmente, en la tercera unidad se utiliza la noción de sistema para analizar las transformaciones de la materia y la energía en sistemas supraorganísmicos como los ecosistemas.

En todas las unidades, además, se destacan en bastardilla contenidos relacionados con el impacto del conocimiento que se está estudiando en los aspectos sociales y culturales de nuestra vida actual.

Al finalizar cada unidad se presentan los objetivos de aprendizaje que especifican los expresados anteriormente de manera general.

Unidad 1: La función de nutrición – la nutrición en humanos

Unidad de funciones y diversidad de estructuras nutricionales en los organismos pluricelulares. Los seres vivos como sistemas abiertos. Las funciones básicas de la nutrición: captación de nutrientes, degradación, transporte y eliminación de desechos. Principales estructuras que la cumplen en diferentes grupos de organismos.

El organismo humano como sistema abierto, complejo y coordinado. Concepto de homeostasis o equilibrio interno. Las funciones de nutrición humana y las estructuras asociadas: sistemas digestivo, respiratorio, circulatorio y excretor.

Salud humana, alimentación y cultura. Los distintos requerimientos nutricionales en función de la edad y la actividad. Concepto de dieta saludable.

Orientaciones didácticas

Esta primera unidad retoma con mayor profundidad conceptos que han sido trabajados en años anteriores. Particularmente en primer año los alumnos tuvieron la oportunidad de interiorizarse sobre la clasificación de los seres vivos en autótrofos y heterótrofos y las principales estructuras implicadas en la nutrición tanto en unicelulares como en pluricelulares. Se trata aquí de retomar aquellos aprendizajes, para analizarlos desde la perspectiva que aporta un enfoque sistémico. Se presentará la noción de sistema como un modelo que permite analizar procesos de intercambio y transformación de materia y energía, aplicable a una gran variedad de fenómenos. Se podrá introducir la noción de sistema analizando objetos y procesos que aparentemente no guardan relación entre sí (como puede ser un motor, una fábrica de pastas o una plancha) para dar cuenta que todos ellos pueden ser analizados desde esta perspectiva y mostrar la potencia del modelo. Esta es una oportunidad para introducir las formas de representación básica que se utilizan en la teoría de sistemas, y que dan cuenta de las interacciones entre los subsistemas de un sistema y de este con su entorno. A partir de la introducción del modelo, se lo podrá utilizar para analizar los procesos de entrada, transformación y salida de materia y energía en cualquier sistema vivo.

Así, sobre la base de este esquema básico, se abordarán las diversas estructuras que, a lo largo de la evolución, los seres vivos han ido desarrollando en relación con esta función.

En esta primera unidad se hará hincapié en la función principal de los diferentes sistemas de órganos que participan de la nutrición, que es la de asegurar que los nutrientes lleguen a cada una de las células y que los desechos de las mismas puedan ser eliminados. Por el momento, la célula será analizada como caja negra. Es decir, será tratada como un subsistema que intercambia, y transforma materia y energía, pero sin profundizar en los mecanismos por los cuales este proceso se lleva a cabo. Este será un problema a resolver mediante el estudio de los contenidos de la segunda unidad.

Apelando a la analogía con los métodos de producción humanos, ampliamente utilizada como modelo explicativo de estos procesos, se insistirá en que la diversidad de tejidos, órganos y sistemas de órganos garantizan el flujo constante de “materias primas”, “productos” y “desechos” desde y hacia el entorno. Será importante mostrar que más allá de la especificidad de funciones de cada subsistema, estos actúan en forma altamente integrada definiendo al organismo como un sistema único, complejo y coordinado. La elección de grupos representativos de organismos multicelulares (por ejemplo poríferos, celenterados, artrópodos, peces, anfibios y mamíferos) que actúen como modelo de las

diversas formas que adopta la coordinación entre tejidos órganos y sistema de órganos, permitirá entender que, más allá de la diversidad de estructuras existentes, se resuelven un conjunto de funciones universales que permiten mantener la vida sobre la base del intercambio y las transformaciones permanentes de materia y energía hacia el interior del propio organismo y con el entorno.

Se compararán algunas de dichas estructuras en los diferentes grupos, identificando la forma en que resuelven las principales funciones: captación o producción de alimentos y nutrientes, conducción, eliminación de los desechos producidos. En esta comparación se hará hincapié en la relación estructura-función, en particular tomando como referencia ciertos parámetros como la relación superficie/volumen para analizar una diversidad de estructuras relacionadas con la absorción y el transporte, o la necesidad de la existencia de un medio líquido para la difusión de los gases de la respiración.

En la segunda parte de esta unidad, se estudiarán las estructuras que hacen posible las funciones que se vienen tratando, específicamente en el cuerpo humano. Será interesante incorporar una visión histórica sobre el conocimiento del cuerpo humano, fundante de la ciencia y la medicina moderna y los debates, conflictos e, incluso, aspectos represivos que signaron ese periodo. Por ejemplo la condena a morir en la hoguera impuesta a quienes, como Miguel de Servet, se atrevieron a investigar el funcionamiento del cuerpo humano enfrentando la prohibición de la Inquisición al respecto, mostrarán hasta qué punto estos conocimientos resultaron un giro copernicano en el conocimiento anatómico y fisiológico abriendo paso al surgimiento de la biología moderna.

En este mismo sentido, los textos y esquemas aportados por pensadores como Descartes, Harvey y Leonardo Da Vinci servirán para ir acercándose desde las ideas del pasado al fino conocimiento actual alcanzado sobre el propio cuerpo.

Es importante atender a que la enseñanza sobre la anatomía y fisiología humana, centrada en los tejidos, órganos y sistemas de órganos implicados en la nutrición no pierda de vista - en ningún momento - la perspectiva de integración entre estos sistemas y su importancia para mantener constante el medio interno (homeostasis). Las disfunciones de algunos órganos, como los riñones, mostrarán hasta qué punto este delicado equilibrio depende del funcionamiento coordinado y eficiente de cada parte.

Se puede aprovechar este momento para recuperar conocimientos adquiridos cuando se estudió el sistema endocrino y los ejemplos que allí se trataron sobre la acción de la insulina y el glucagon en la regulación del ingreso de glucosa en las células y su papel en el mantenimiento de la homeostasis.

En la última parte de esta unidad, se centrará la atención en las problemáticas de salud ligadas a las necesidades nutricionales de los individuos. Se estudiarán los requerimientos nutricionales en diferentes etapas de la vida y tipo de actividad de los individuos y los alimentos que cubren dichas necesidades. Se hará hincapié en la idea de que existen dietas saludables y otras que a medio y largo plazo pueden provocar profundas disfunciones en el organismo, afectando a los diferentes sistemas de órganos (por ejemplo la colesterolemia y su acción sobre el sistema circulatorio; las dietas ricas en grasas y su potencialidad oncogénica, etc.). Se prestará atención especial a algunas enfermedades nutricionales con mayor prevalencia en la franja etaria de los alumnos, tales como la bulimia y la anorexia y su vinculación con pautas culturales, especialmente en la etapa de la adolescencia.

Superando esta visión necesaria, pero centrada en los comportamientos nutricionales sociales e individuales de aquellos sectores que tienen la posibilidad de optar por diferentes esquemas alimentarios, será importante destacar que grandes sectores de la población

nacional y mundial viven en condiciones de extrema pobreza teniendo muy limitadas sus posibilidades de cubrir los requerimientos mínimos.

El hambre como uno de los problemas mundiales más acuciantes en una época donde se logró la máxima productividad agropecuaria de la mano de nuevas tecnologías y su relación con la profunda brecha existente en la distribución de los recursos, así como las posibilidades de cambiar esta situación derivada de un modelo económico basado en la injusticia, se incorporará como una reflexión ineludible. Ejemplos de grandes hambrunas históricas y actuales en diversos países, así como el análisis crítico del tipo y calidad de alimentos que consumen los sectores empobrecidos y sus consecuencias para la salud, servirán para alertar sobre la responsabilidad individual y colectiva de bregar por un cambio.

Objetivos de aprendizaje

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

- Utilizar la noción de sistema para analizar procesos de intercambios y transformaciones de materia y energía en una variedad de fenómenos naturales y artificiales, reconociendo la potencia del modelo.
- Analizar los principales procesos de entrada, transformación y salida de materia y energía en los sistemas vivos utilizando el modelo sistémico.
- Justificar que la nutrición es una función universal de los seres vivos recurriendo a ejemplos de la diversidad de estructuras y comportamientos que cumplen dicha función.
- Dar ejemplos de la relación estructura–función presente en las estructuras que participan en la nutrición en una diversidad de organismos.
- Interpretar la diversidad de tejidos, órganos y sistemas de órganos del organismo humano como subsistemas en interacción que integran un sistema mayor, complejo y coordinado que garantiza el flujo constante de “materias primas”, “productos” y “desechos” desde y hacia el entorno.
- Debatir acerca de las diversas disfunciones en la salud humana ligadas a los aspectos nutricionales, apoyándose en argumentos que muestran las diferencias entre aquellos que dependen de los comportamientos de los individuos de los que están ligados a la inequidad en el acceso a los alimentos impuesta por el modelo económico dominante.

Unidad 2: Metabolismo celular: las células como sistemas abiertos

Transformaciones de materia y energía en los sistemas vivos. Las uniones químicas como forma de almacenamiento y entrega de energía. Concepto de alimento y nutriente. Papel de las enzimas en los procesos metabólicos. Las enzimas como catalizadores biológicos. Modelos de acción enzimática.

Principales procesos de obtención y aprovechamiento de la energía química: Alimentación, fotosíntesis y respiración. Estructuras celulares implicadas. Procesos alternativos del metabolismo energético: quimiosíntesis y fermentación.

Biotechnologías aplicadas: Biotecnología tradicional y modificación genética microbiana. Aprovechamiento del conocimiento de las vías metabólicas bacterianas y de las técnicas de bioingeniería aplicado en la elaboración de alimentos, fármacos, enzimas, combustibles y en la biorremediación ambiental. Concepto de biodegradación y su vinculación con el metabolismo microbiano.

Orientaciones didácticas

En esta unidad se propone “abrir” la caja negra que en la unidad anterior había quedado pendiente: la célula y los procesos de intercambio de materia y energía que en ella se producen. Para ello se retoman con mayor profundidad conceptos que los alumnos han estudiado en años anteriores. En primer año los alumnos tuvieron la oportunidad de interiorizarse sobre la existencia de organismos unicelulares autótrofos y heterótrofos e hicieron un primer acercamiento a las principales estructuras celulares implicadas en la nutrición, mientras que en segundo año avanzaron hacia el conocimiento de las estructuras y funciones de la nutrición celular desde un punto de vista más fenomenológico y descriptivo que explicativo. Aquí se incorpora una perspectiva que no ha sido trabajada en la Biología de los años anteriores: los fundamentos fisicoquímicos que explican los procesos implicados en la nutrición de los sistemas vivos.

Resulta fundamental para ello que recuperen conocimientos adquiridos en la materia Fisicoquímica de segundo y tercer año, que les permitirán comprender el papel de las uniones químicas en estos procesos. Será necesario retomar la noción de enlace químico y de la energía contenida en los mismos, así como también que no todos los enlaces tienen la misma cantidad de energía. También se recuperará la idea de reacción química como ruptura y reordenamiento de átomos con conservación de la masa, y se la relacionará con la absorción o liberación de energía según los casos.³

Sobre la base de estos conocimientos básicos que pueden ejemplificarse con modelos más conocidos como el de la combustión, se podrán abordar las particularidades con que se producen estos mecanismos en los seres vivos. Será indispensable recurrir al concepto de velocidad de reacción y destacar el papel de las enzimas en su regulación así como en el aprovechamiento de la energía liberada en los procesos degradativos para la síntesis de nuevos compuestos mediante series de reacciones acopladas.

Resultará adecuado recurrir al modelo de llave y cerradura ya estudiado en tercer año que permitirá entender mejor la complejidad del proceso y la importancia de los plegamientos terciarios que definen los sitios activos para la actividad enzimática. Se podrá aquí retomar la idea de cómo las mutaciones pueden afectar la estructura enzimática volviendo estas proteínas inactivas o subactivas respecto de las funciones que cumplen, alterando de esta forma el metabolismo basal.

Se podrán abordar entonces los procesos principales que rigen la incorporación y las transformaciones de materia y energía en los seres vivos: la descripción de las etapas fundamentales de la fotosíntesis y la respiración, las ecuaciones básicas de estos procesos y las diferentes especies moleculares orgánicas e inorgánicas implicadas que involucran la incorporación y la transformación de materia y energía. Al estudiar las ecuaciones básicas de la fotosíntesis y la respiración, resultará indispensable apoyar estas explicaciones con la utilización de modelos analógicos (bolitas, ganchitos, etc.) que representen a los átomos que constituyen las moléculas, de manera que los alumnos puedan relacionar la estructura de las mismas y el reordenamiento de átomos que se produce en cada una de las reacciones, con los símbolos que se utilizan en las ecuaciones que las representan.

Será necesario retomar para profundizar los conocimientos sobre las características de las membranas biológicas que permiten el ingreso y egreso selectivo de materiales necesarios para que estas funciones se lleven a cabo, tales como incorporación de nutrientes y la difusión de gases.

³ El docente de Biología podrá consultar el Diseño Curricular de Fisicoquímica de 3º año. En las orientaciones para la enseñanza del apartado sobre transformaciones de la materia, podrá encontrar el alcance con que han sido abordados estos contenidos.

En este punto se enseñarán los principales procesos y etapas involucrados en la fotosíntesis y la respiración y sus particularidades en células procariontas y eucariotas desde el punto de vista de las estructuras involucradas en cada caso.

Se deberá prestar atención a que los alumnos generalmente consideran a la fotosíntesis y la respiración como procesos “inversos” dado que suele hacerse hincapié en el carácter anabólico de uno y catabólico del otro. En este sentido deberá quedar claro que ambos procesos están relacionados con la nutrición y solo puede considerárselos inversos desde la perspectiva de las reacciones químicas involucradas pero que, desde el punto de vista de su función biológica, son procesos independientes. En todo caso, valdrá la pena señalar que la fotosíntesis cumple en los organismos autótrofos el mismo papel que la alimentación en los heterótrofos, es decir, la obtención de materia, mientras que obtienen la energía contenida en ella a partir de la respiración o la fermentación, al igual que la gran mayor parte de los organismos heterótrofos.

Se estudiarán y compararán otros procesos de producción de materia orgánica como la quimiosíntesis, y de aprovechamiento energético como la fermentación. En este último la comparación con la respiración se focalizará en las diferencias en cuanto a la eficiencia energética y en los sustratos y productos de ambos procesos. Será posible vincular estos procesos “alternativos” con el origen y la evolución de los sistemas de nutrición a lo largo de la historia de la vida en la tierra, recuperando la información al respecto que los alumnos tuvieron oportunidad de aprender durante el segundo año de la Escuela Secundaria.

Finalmente resultará interesante mostrar cómo el conocimiento detallado de las vías metabólicas de los microorganismos, en muchos casos combinadas con técnicas de ingeniería genética, está siendo ampliamente utilizado para diferentes usos comerciales. Entre ellos la producción de diversos fármacos, la eliminación del ambiente de diferente tipo de contaminantes tales como hidrocarburos y compuestos organoclorados o el tratamiento de aguas negras, la producción de enzimas digestivas de almidón, grasas o proteínas y diversos complementarios alimentarios tales como aminoácidos y proteínas.

Objetivos de aprendizaje

- Interpretar las reacciones involucradas en los procesos de nutrición en términos de un reordenamiento de átomos que involucra procesos de transferencia de la energía acumulada en las uniones químicas.
- Relacionar las reacciones de síntesis con procesos que requieren energía y las de descomposición como procesos que la liberan.
- Representar las transformaciones que ocurren durante la fotosíntesis y la respiración, mediante esquemas y modelos analógicos; e interpretar modelos dados.
- Relacionar la necesidad de la nutrición con la de incorporación de fuentes de materia y energía indispensables para mantener la estructura y las funciones de los seres vivos en tanto son sistemas abiertos.
- Establecer relaciones entre las funciones de nutrición en el nivel celular y las de las distintas estructuras a nivel de tejidos, órganos y sistemas de órganos que contribuyen a ella en los organismos pluricelulares.
- Interpretar gráficos que representan la evolución de un proceso metabólico (reacciones catalizadas y no catalizadas, variación de la intensidad de la fotosíntesis en función de la cantidad de luz; etc.) y apelar a ellos para realizar explicaciones sobre dichos procesos.

- Explicar a partir de modelos sencillos de la acción enzimática, el rol y funcionamiento de catalizadores biológicos y reguladores de la velocidad y dirección de las principales reacciones que participan en el metabolismo.
- Analizar y describir los principales procesos vinculados a la nutrición desde el punto de vista del balance de materia y energía involucrados.
- Comparar los procesos de fotosíntesis y respiración con los de quimiosíntesis y fermentación respecto de las materias primas, los productos y el rendimiento energético total.
- Explicar en base a ejemplos el valor del conocimiento de las vías metabólicas de algunos microorganismos para su utilización en procesos productivos.

Unidad 3: Energía y materia en los ecosistemas

Los ecosistemas como sistemas abiertos. Concepto de homeostasis aplicado a los ecosistemas. Ciclos de la materia y flujos de energía en los ecosistemas.

Eficiencia energética de los ecosistemas. Producción primaria y biomasa. Concepto de productividad. La productividad en diferentes biomas.

Dinámica de los ecosistemas: cambios en los ecosistemas desde el punto de vista energético. Etapas serales y clímax en diferentes biomas.

Agroecosistemas: características de los parámetros que miden la eficiencia energética y consecuencias de su maximización para fines productivos. Impacto ambientales derivados.

Orientaciones didácticas

En el primer año de estudios, los alumnos han abordado varios aspectos centrales de las relaciones tróficas entre las poblaciones de un ecosistema así como la consideración de estos como sistemas abiertos cuya estabilidad relativa depende de los intercambios permanentes de materia y energía. Esos conocimientos básicos sumados a otros que los alumnos han ido aprendiendo en sus clases de Fisicoquímica, tales como los principios de conservación de la masa y la energía y las leyes que rigen las transformaciones energéticas, permitirán en este año encarar el estudio de los ecosistemas desde un punto de vista termodinámico.

La denominada “economía de los ecosistemas” o “ecología de los ecosistemas” basada en el análisis de los flujos de energía y los ciclos de materia resultan fundamentales para describir la estructura y funciones de los ecosistemas considerados como un todo y en cierto grado predecir la evolución de los mismos o su comportamiento frente a posibles cambios. A partir del modelo sistémico, que analiza a los ecosistemas como enormes máquinas termodinámicas autosustentables y dinámicamente equilibradas, los alumnos podrán entender que la estructura y funcionamiento de un determinado ecosistema dependerá de un conjunto de variables relacionadas con el ciclo de la materia y el flujo de la energía dentro del mismo.

Se introducirán así los parámetros fundamentales que utilizan los ecólogos para caracterizar los ecosistemas. Para que el estudio de los mismos resulte significativo, será necesario contextualizarlo presentando casos reales o ficticios de ecosistemas a los que se propone analizar, explicando en cada caso cómo se mide cada parámetro, qué datos aporta cada uno y cómo se lo utiliza para interpretar el funcionamiento y la estructura del ecosistema en cuestión. Asimismo las explicaciones deberán incluir los diferentes tipos de representaciones que se utilizan en estos casos: gráficos de producción o de biomasa, diagramas de flujo de energía, pirámides de energía o de biomasa. Es necesario que el

docente haga explícitas las relaciones entre los parámetros que se están analizando, las formas de representarlos y los resultados o conclusiones que se pueden extraer del análisis de los mismos.

Así, se trabajará sobre la descripción de los ecosistemas donde las relaciones alimentarias son representadas como diagramas de flujo de cada nivel trófico interconectados unos con otros. Esto permitirá visualizar cómo la energía fluye de un nivel a otro a través de la cadena de alimentación produciéndose en cada traspaso una “pérdida” para el ecosistema debido a su disipación como calor y la desviación de materia orgánica hacia la cadena de detritos. Esta imposibilidad de que toda la energía pase de un nivel al siguiente permitirá comprender la relativamente corta extensión de las cadenas tróficas existentes y la necesidad de que la biomasa total de cada nivel superior debe ser menor que la del nivel trófico inferior.

Al analizar las relaciones tróficas desde el punto de vista energético, se retomarán los conocimientos de los alumnos sobre las redes tróficas y sus representaciones a través de “flechas” que indican transferencia de materia de un eslabón a otro, haciéndose explícita la diferencia entre estas representaciones y las que se utilizan en los modelos termodinámicos en los cuales las “flechas” adquieren significados diferentes.

Al presentar los parámetros utilizados por los ecólogos con el fin de cuantificar la energía implicada en los ecosistemas tales como *productividad primaria bruta* (energía total asimilada por fotosíntesis) y *productividad primaria neta* (energía acumulada en las plantas y disponible para el siguiente nivel trófico) será necesario mostrar la relación entre los mismos y el rendimiento energético que emana de la ecuación global de la fotosíntesis. Será central advertir el hecho de que la diferencia entre estos dos tipos de producción primaria está dado por la cantidad total de biomasa que se oxida durante la respiración que brinda la energía necesaria para la autosustentabilidad de los productores. En esta oportunidad será indispensable volver a revisar junto con los alumnos las ecuaciones que representan ambos tipos de procesos, y utilizarlas para interpretar estos nuevos conceptos.

Se podrá recurrir a tablas y gráficos disponibles que muestren las diferencias en la producción primaria y otros parámetros en diferentes ecosistemas terrestres y acuáticos acercándose a la idea de eficiencia fotosintética (cantidad de energía lumínica convertida en producción primaria neta) y eficiencia ecológica (cantidad de energía que se transfiere de un nivel trófico al siguiente).

Ejemplos de la circulación de diferentes nutrientes (por ejemplo ciclos del agua, del carbono y del nitrógeno) en el ecosistema facilitarán la enseñanza de una idea central en este tipo de estudios: que los ciclos de materia que se establecen permiten el equilibrio dinámico de los materiales en los ecosistemas mientras que la imposibilidad termodinámica del establecimiento de ciclos de energía hacen necesario un aporte permanente desde el exterior del sistema en forma de energía lumínica proveniente del sol. El docente destacará el papel de los microorganismos quimioautótrofos estudiados en la unidad anterior, que utilizan sustratos inorgánicos como fuente de energía permitiendo el reciclado de materiales en el ecosistema, y brindará ejemplos sobre la participación de algunos de estos microorganismos en ciclos tales como los del nitrógeno o el azufre.

Una vez que los alumnos han aprendido que los ciclos de materiales y flujos de energía proveen una estabilidad relativa a los ecosistemas, el docente problematizará esta idea mediante la presentación de casos que permitan relativizarla para introducir otro concepto central en ecología: los ecosistemas cambian con el paso del tiempo. Los conceptos centrales aquí serán los de sucesión y regresión ecológica. A través del análisis de ejemplos y casos, los alumnos podrán acercarse a la idea de que la dinámica de los ecosistemas en el tiempo implica la sustitución de poblaciones y comunidades ecológicas en forma gradual o

abrupta, dependiendo de las condiciones generales del ambiente. En este aspecto, se trabajará sobre la idea de que las sucesiones ecológicas son procesos naturales seriados donde pueden ser caracterizadas diferentes etapas (etapas serales) hasta una etapa donde el ecosistema establecido es más estable en el tiempo y adquiere su máxima complejidad (etapa climax). El docente hará hincapié en la relación que existe entre la máxima complejidad alcanzada de los ecosistemas en su etapa climax y las condiciones generales de la zona de la biosfera de esos ecosistemas. De esta forma se trata de que los alumnos comprendan que un desierto, con limitada complejidad desde el punto de vista de la biodiversidad y la estructura del ecosistema corresponde a la etapa climax de ciertas zonas del planeta que por sus características edáficas, climáticas, etc. ven limitada su expansión. A la vez, en otras zonas del planeta esas mismas características pero con valores diferentes, determinan que la etapa climax se corresponda con el establecimiento de ecosistemas con complejas redes tróficas y miles de poblaciones diferentes; por ejemplo en las selvas tropicales.

Será interesante tomar como ejemplo del dramatismo de estos cambios en el pasado remoto del planeta y advertir los grandes cambios globales que se produjeron en los ecosistemas a partir, por ejemplo, de los periodos glaciares donde hubo profundas sustituciones ecológicas. Resultará interesante destacar el hecho de que al periodo de finalización de la última de las grandes glaciaciones se le asigne importancia en la denominada “transición Neolítica”, que derivó en que los humanos modernos modificaran sus comportamientos pasando de pequeñas bandas nómades de cazadores-recolectores a poblaciones estables de agricultores. Este inicio de la revolución agrícola y pastoril hace unos 12000 años se fue constituyendo en la causa principal de la modificación a gran escala de los ecosistemas de todo el mundo por la acción productiva de los humanos.

En este momento resultará interesante analizar los ecosistemas artificiales, principalmente los llamados agroecosistemas, y analizarlos con las herramientas que provee el modelo termodinámico. El docente destacará el hecho de que el hombre requiere de su producción agrícola para maximizar la productividad primaria neta y coartar la posibilidad de que la biomasa producida se incorpore a las cadenas tróficas naturales, produce inmensos impactos ambientales. El primero y principal de ellos es la pérdida de la biodiversidad por dos vías. En primer lugar por la modificación del ecosistema natural establecido en la región original y su sustitución por la plantación (que supone entre otras acciones la tala, el enriquecimiento del suelo con abonos, el establecimiento de sistemas de riego artificial, de invernaderos, etc.). En segundo lugar por el esfuerzo destinado a evitar la competencia por el alimento o los recursos con otras especies (parásitos, animales herbívoros, “malas hierbas”, descomponedores, etc.) sobre la base de la implementación de tecnologías cada vez más sofisticadas, incluyendo la modificación genética de los organismos.

El docente propondrá el análisis de casos en los que la agricultura introduce factores que inciden en la modificación de los ecosistemas. Por ejemplo la contaminación asociada a la utilización de diversos agroquímicos y su incorporación en los cursos de agua cuyos efectos pueden manifestarse, incluso, lejos de la zona donde se establecen los cultivos, impactando de diversos modos sobre los organismos que los habitan.

Objetivos de aprendizaje

- Analizar el nivel de ecosistema utilizando los atributos aplicados a los sistemas vivos: conceptos de homeostasis, flujo de energía, transformaciones de la materia y energía, ciclos de los materiales.

- Interpretar diagramas de flujo de energía en un ecosistema y utilizarlos para apoyar explicaciones sobre el mismo. Utilizar dichos gráficos para predecir la evolución de un ecosistema tomado como caso de análisis.
- Analizar y describir en base a tablas y gráficos la productividad en diferentes ecosistemas relacionándola con los principales parámetros que la miden.
- Establecer relaciones entre la diversidad de ecosistemas presentes en la biosfera y las condiciones generales imperantes (climáticas, edáficas, etc.) que actúan limitando o potenciando los principales parámetros que miden la complejidad de los ecosistemas: biodiversidad, producción y biomasa.
- Describir en base a ejemplos los procesos de sucesión y regresión ecológicas y las principales diferencias entre estos procesos de la dinámica ecológica.
- Comparar las características de los ecosistemas naturales en determinados biomas con la de los agroecosistemas que se establecen en los mismos.
- Debatir acerca del impacto antrópico sobre los principales biomas del planeta a partir del modelo productivo dominante y dar argumentos sobre la necesidad de preservar del mismo, zonas que actúan como importantes reguladores de la dinámica planetaria: selvas, humedales, glaciares, etc.

Orientaciones para la evaluación

Los Objetivos de aprendizaje por unidad, están expresados en términos de desempeños (justificar, ejemplificar, explicar, relacionar, interpretar o realizar esquemas o gráficos) ya que es lo que se espera que los alumnos puedan realizar a medida que avanzan en el aprendizaje de los contenidos dentro de la unidad. En este sentido, sirven de orientadores tanto para la enseñanza como para la evaluación de los aprendizajes.

En relación con la enseñanza, para que los alumnos avancen en el sentido deseado es necesario que a lo largo de las clases hayan tenido la oportunidad de pasar por diferentes instancias a partir de las cuales hayan aprendido a analizar ejemplos, describir, justificar, explicar, graficar e interpretar gráficos, etc. 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, etc. 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 los objetivos de aprendizaje por unidad apunta a que la evaluación ponga más el acento en las generalizaciones y síntesis que los alumnos/as puedan alcanzar que en la memorización de los casos y ejemplos estudiados. Por ejemplo, para que los alumnos entiendan los mecanismos de producción de energía en los seres vivos, el docente deberá explicar las reacciones químicas implicadas en la respiración y en la fermentación. Sin embargo, el interés del estudio de estos procesos en el marco de este diseño curricular es que puedan comprender las diferencias entre ambos mecanismos tanto en cuanto a la eficiencia energética como en relación con los productos finales de uno y otro proceso. Por lo tanto, la evaluación deberá hacer hincapié en este último aspecto que constituye el nivel de conceptualización esperado y no en detalles de cada uno de los pasos de las reacciones químicas involucradas. Para establecer estas distinciones, el docente podrá recurrir tanto a los alcances especificados en las orientaciones como a los objetivos de aprendizaje formulados en cada unidad.

Bibliografía

Curtis, Helena; Barnes, Sue.; Schnek, Adriana. y Mazzarini Alicia. *Biología*. Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana. 7ma edición. 2008.

Giordan, Andre y otros, *Conceptos de biología (tomo I y II)*. Madrid, M.E.C. Labor. 1988.

Mayr, Ernst, *Así es la Biología*. Madrid, Debate, 1998.

Villee, Claude A.; Solomon, Eldra Pearl *Biología* México, D.F.: Interamericana, 3ª ed.1996

Suárez, Hilda; Espinoza, Ana María, *La célula: unidad de los seres vivos*, Buenos Aires, Longseller, 2002

Suárez, Hilda; Espinoza, Ana María, *El organismo humano: funciones de nutrición, relación y control*, Buenos Aires, Longseller, 2002

Suárez, Hilda; Frid, Débora; Espinoza, Ana María, *El organismo humano: salud y enfermedad*, Buenos Aires, Longseller, 2002

Alberts, Bruce y otros, *Introducción a la Biología celular*. Barcelona, Omega, 2006.

De Robertis, Eduardo, *Fundamentos de biología molecular y celular*. Buenos Aires, El Ateneo, 1998.

Ricklefs, Robert E. *Invitación a la ecología: la economía de la naturaleza*, 4ª ed., Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana, 1997

Rosnay, Joël. *¿Qué es La Vida?*, Barcelona, Biblioteca Científica Salvat 8.1993

ROSNAY, Jöel de; *El Macroscopio, hacia una visión global*, Madrid, AC, 1993

Páginas en internet

<http://abc.gov.ar>

Correo de la UNESCO: <http://www.unesco.org/courier>

Actividades respiración celular: <http://www.encuentro.gov.ar/nota-2590-La-respiracion-celular.html>

Actividad enzimas: <http://aprenderencasa.educ.ar/aprender-en-casa/natu-poli-7.pdf>

Manual Educación Alimentaria:

http://www.educaciencias.gov.ar/img/recursos/EAN_Ed_alimentaria/docente3.pdf

Microscopio digitalizado: es.geocities.com/ucmbd/arch/si/libros/macroscopio.

Provincia de Buenos Aires

Gobernador
Sr. Daniel Scioli

Vicegobernador
Dr. Alberto Balestrini

Director General de Cultura y Educación
Prof. Mario Oporto

Vicepresidente 1° del Consejo General
de Cultura y Educación
Prof. Daniel Lauría

Subsecretario de Educación
Lic. Daniel Belinche

Director Provincial de Gestión Educativa
Prof. Jorge Ameal

Director Provincial de Educación de Gestión Privada
Lic. Néstor Ribet

Directora Provincial de Educación Secundaria
Mg. Claudia Bracchi