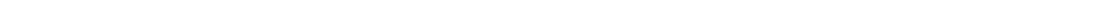


BIOLOGÍA

5º AÑO (ES)



ÍNDICE

Biología y su enseñanza en el Ciclo Superior de la Escuela Secundaria.....	39
Mapa curricular.....	44
Carga horaria.....	44
Objetivos de enseñanza.....	44
Objetivos de aprendizaje.....	45
Contenidos.....	46
Desarrollo de los contenidos	46
Orientaciones didácticas.....	58
Situaciones de lectura y escritura en Biología	58
Situaciones de formulación de preguntas, problemas e hipótesis	60
Situaciones de observación y experimentación.....	62
Situaciones de trabajo con teorías	64
Situaciones de debate e intercambio de conocimientos y puntos de vista	65
Orientaciones para la evaluación.....	67
Los objetivos de aprendizaje y la evaluación.....	67
Bibliografía.....	68
Recursos en Internet	69

BIOLOGÍA Y SU ENSEÑANZA EN EL CICLO SUPERIOR DE LA ESCUELA SECUNDARIA

La materia Biología se enmarca en los propósitos generales del Ciclo Superior de la Educación Secundaria y en el más específico de la Alfabetización Científica y Tecnológica (ACT) de las Ciencias Naturales. Sus principios fundamentales están ampliamente desarrollados en los diseños curriculares de Ciencias Naturales del Ciclo Básico, y se sintetizan brevemente a continuación.

En primer lugar, la ACT es una metáfora de la alfabetización tradicional, de la cual "toma prestados" dos conceptos centrales: educación básica y educación para todos. Estas premisas, en consonancia con lo planteado en el Marco General del Diseño Curricular,¹ 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 ACT es un modo de designar una finalidad educativa, la de introducir a los estudiantes 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 ACT 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. En tanto construcción humana, 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

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.

modos de abordar el estudio de los seres vivos, cada uno de ellos participe de una revolución en el pensamiento biológico de su tiempo. La *Teoría de la Evolución* se ha erigido como referencia obligada del conocimiento biológico y supone el soporte conceptual desde hace exactamente 150 años, de cualquiera de los abordajes que implican entender la vida en la Tierra. *El pensamiento fisiológico* 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, proveyeron en la década del 50 un nuevo giro revolucionario para pensar la vida cuyas implicancias teóricas y prácticas son cada vez más evidentes y cotidianas. A su vez, la *Ecología* considerada tímidamente una rama menor de la biología se independizó como una ciencia autónoma que, con herramientas conceptuales y metodológicas particulares, propone 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 confluieron en configurara 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 estudiantes un panorama sustantivo del conocimiento biológico, los modelos y metodologías que confluyen en conformar su estado actual, el impacto que este conocimiento tiene sobre la manera de ver el mundo vivo, y los desarrollos tecnológicos que impactan directamente sobre la vida de las personas, la materia Biología está estructurada según tres dimensiones: una dimensión *conceptual*; una segunda, vinculada a las *implicancias éticas, culturales y sociales* del conocimientos biológico y una tercera, *metodológica o procedimental* relacionada con los modos de conocer en Biología.

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 desarrollados en los párrafos anteriores, en que se basa la Biología para el estudio de los seres vivos. Se han llamado "modos de pensamiento" para dar cuenta 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 evolutivo, un modo de pensamiento fisiológico, y un modo de pensamiento sistémico y ecológico. Ellos atraviesan la enseñanza de la Biología a lo largo de toda la Educación Secundaria.

La materia Biología se concibe como una unidad pedagógica y didáctica. En el Ciclo Superior –y en 4º año como materia común para todas las orientaciones– esta materia completa un conjunto de saberes básicos e indispensables para formar ciudadanos científicamente alfabetizados.

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 1º año, se abordó el estudio de los seres vivos desde una perspectiva sistémica aproximándose desde este modo de pensamiento a las funciones básicas de los seres vivos en general, los

ecosistemas y el organismo humano en particular. En 2º año, con énfasis en la perspectiva evolutiva, se estudió el origen y la evolución de la vida centrándose en la idea de ancestro común y el mecanismo de selección natural. Asimismo, se abordó desde esta perspectiva la función de reproducción en los seres vivos y, en particular en el organismo humano; y los mecanismos de la herencia. En 3º año, desde una mirada más centrada en lo fisiológico, se estudiaron los mecanismos de intercambio de información, regulación y control, incluyendo una introducción a las bases moleculares de la información genética.

Ya en el Ciclo Superior, en 4º año, se retoma con mayor profundidad la perspectiva sistémica que, junto con conocimientos de Físicoquímica abordados en años anteriores (en particular en 1º) permite una mirada más compleja sobre los procesos de transformación de materia y 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.

A partir de 5º año, la materia continúa solo en la Escuela Secundaria con Orientación en Ciencias Naturales. En esta Orientación, se espera que los estudiantes avancen en el conocimiento de los fenómenos biológicos en tres sentidos. Por una parte, se profundiza en las teorías centrales de la Biología abordadas en el Ciclo Básico, con el aporte de nuevos conceptos que permiten resignificar lo ya estudiado. Por otra, se incorporan progresivamente conocimientos provenientes de otros campos (como la geología, las neurociencias, la ecología, la paleontología y la biotecnología) necesarios para comprender los grandes modelos explicativos sobre el mundo natural, así como las potentes herramientas desarrolladas para su modificación profunda y a gran escala. Finalmente, se trata de dar mayor énfasis a las implicancias sociales y éticas de la investigación científica y de los productos teóricos y materiales que de ella se derivan. Todos estos avances se conjugan en función de un abordaje más complejo y completo de los saberes indispensables para comprender el impacto de los modelos científicos –y biológicos en particular– y sus aplicaciones en el campo de la producción de la realidad material y simbólica en que nos desenvolvemos.

Se considera fundamental que los estudiantes egresen de la Escuela Secundaria Orientada en Ciencias Naturales con la posibilidad de comprender que, detrás de los modelos y métodos de la ciencia moderna, se mueven tanto representaciones como intereses diversos que involucran la economía, la política y la ideología convirtiendo a la producción científica en un ámbito de debates y controversias, como cualquier otra actividad humana.

Se aspira a que los estudiantes, formen parte o no de la comunidad científica en su futuro laboral o educativo, comprendan y asuman la necesidad de mantenerse informados y actualizados en temáticas de Ciencia y Tecnología a fin de decodificar con espíritu crítico la producción científica; de este modo, pueden estar en condiciones de evitar, como ciudadanos, la manipulación cientificista basada en la elitización de este tipo de saberes y su pretendida objetividad.

Por ello, en 5º y 6º año, los conceptos y metodologías estudiados en los años anteriores se retoman y recapitulan a la vez que se amplían y profundizan, a manera de síntesis superadora, apuntando a mostrar la coherencia, los acuerdos y también los debates que suscitan tanto en el campo de la propia ciencia como en el de la sociedad.

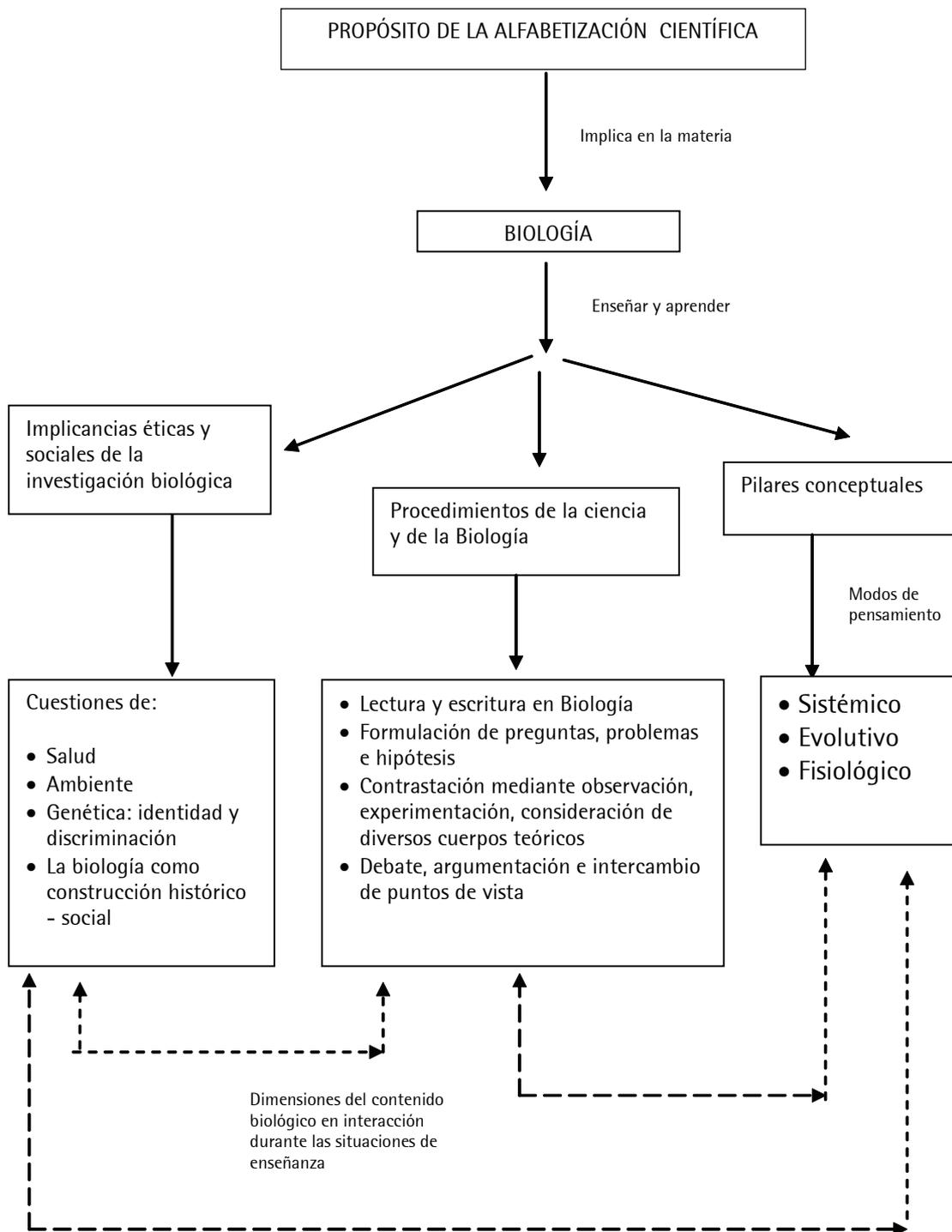
Los saberes seleccionados para Biología de 5º año se sustentan fuertemente en los aprendizajes logrados en los años anteriores. Desde el punto de vista conceptual, retoma conocimientos de

ecología estudiados tanto en 1º como en 4º año y los profundiza al focalizar en ecología de poblaciones y en el estudio de las relaciones de los organismos y el medio a lo largo del tiempo. Retoma también conocimientos evolutivos e incorpora contenidos relativos a los procesos de especiación. A la vez, dentro de este campo dedica un espacio importante a la evolución humana y dentro de ella a la del cerebro humano, incorporando conocimientos básicos de neurofisiología tanto en sus aspectos históricos como actuales. También retoma aquellos aspectos de la fisiología vinculados con la genética y la genética molecular y los completa con otros de mayor actualidad que, además de dar mayor sustento a la Teoría de la evolución, constituyen saberes fundamentales a la hora de comprender fenómenos relacionados con la biotecnología, la manipulación genética y sus aplicaciones en numerosos campos que afectan a la vida en sociedad, que serán profundizados en sexto año.

Desde la *dimensión ética, cultural y social*, Biología de 5º año continúa con lo abordado en otros años, con énfasis en las relaciones entre el conocimiento científico y la sociedad. Al igual que en 4º año, los contenidos vinculados con esta dimensión se incorporan al conjunto de contenidos conceptuales, y se les da una mayor especificidad al plantear casos paradigmáticos para investigar y debatir en clase.

Finalmente, desde la *dimensión metodológica o procedimental*, al igual que en años anteriores, se incluyen aquellos contenidos relacionados con 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.) vinculados con la ciencia y la Biología, que deberán ser enseñados de manera articulada con las otras dos dimensiones, en *situaciones de enseñanza* planificadas expresamente por el docente. En las Orientaciones didácticas se desarrollan ejemplos de estas situaciones de enseñanza.

La enseñanza de la Biología en 5º año se sustenta en una premisa compartida con la materia en los otros años: la necesidad de elaborar planificaciones que incluyan una enseñanza articulada de conceptos, modos de acercarse al conocimiento (modos de conocer) y 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. A continuación, se sintetizan en el siguiente esquema:



MAPA CURRICULAR

Materia	Unidades	Conceptos centrales e implicancias éticas y sociales de este conocimiento
Biología	Unidad 1. La evolución humana	Teorías y evidencias de la evolución humana Expansión y dominio del hombre sobre el planeta: el hombre como factor evolutivo. Evolución del cerebro humano El determinismo biológico a debate: genes, cerebro y comportamiento.
	Unidad 2. El origen de las especies	Biología de las poblaciones El mecanismo de la evolución a debate: modelos alternativos para explicar el cambio evolutivo
	Unidad 3. Bases genéticas del cambio evolutivo	Origen de la variabilidad genética El determinismo biológico a debate: conocimiento y modificación del genoma humano.

CARGA HORARIA

La materia Biología corresponde al 5° año de la Escuela Secundaria Orientada en Ciencias Naturales. Su carga horaria es de 72 horas totales; si se implementa como materia anual, su frecuencia será de 2 horas semanales.

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 estudiantes 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 estudiantes, 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;³

³ Por ejemplo, el pensamiento “en voz alta” por parte del docente en el que se refleje la formulación de preguntas y conjeturas o el análisis de variables ante un cierto problema biológico, permite a los estudiantes visualizar cómo un adulto competente en estas cuestiones piensa y resuelve los problemas específicos que se le presentan.

- Planificar y desarrollar secuencias de enseñanza que incluyan actividades relacionadas entre sí a propósito de los contenidos que deberán aprender los estudiantes, combinando situaciones como: búsquedas bibliográficas, trabajos de laboratorio o salidas de campo, que mantengan una lógica de indagación comprendida y compartida por los estudiantes.
- Generar en clase instancias de planificación conjunta con los estudiantes respecto a las tareas que requieran cierta organización como las actividades experimentales o las salidas de campo, promoviendo que compartan el sentido de las mismas y asuman responsabilidades por los resultados de las mismas;
- Explicitar los motivos de las actividades propuestas, así como los criterios de concreción de las mismas y las demandas específicas que se plantean a los estudiantes para la realización de sus tareas de aprendizaje en 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; cuando sea posible, además, recurrir al análisis de situaciones históricas relacionadas con los conceptos que se están estudiando.

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 mediante la contrastación con fuentes ya sea 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 acríticamente, 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 evolución humana.
- Unidad 2. El origen de las especies.
- Unidad 3. Bases genéticas del cambio evolutivo.

El orden en que se presentan las unidades ha privilegiado criterios didácticos por sobre los que dictaría la lógica disciplinar. Según estos criterios, se propone abordar en una primera instancia una temática que resulta sumamente interesante para los estudiantes de estas edades: el origen y la evolución humana. Los estudiantes disponen de algunos conocimientos e ideas sobre este tema que pueden ponerse rápidamente en circulación para ser discutidas y reelaboradas a lo largo del desarrollo de la Unidad 1.

A la vez, el estudio de la evolución humana en primera instancia, permitirá plantear interrogantes y problemas que darán sentido al estudio de los contenidos de la Unidad 2, a partir de lo cual se podrán revisar algunos de los conceptos de la Unidad 1 para darles un nuevo significado a la luz de los conceptos relativos a la especiación. Del mismo modo, el estudio de la dinámica de poblaciones y su relación con la evolución dará lugar a preguntas que podrán ser respondidas a partir del estudio de la Unidad 3, en particular en relación con el origen de la variabilidad genética, motor de la evolución. Por otra parte, en esta misma unidad se abordan conocimientos de la genética molecular indispensables para comprender los últimos avances en el campo de la biología moderna.

Cada unidad incluye Orientaciones para la enseñanza en las que se especifican los alcances con que deben enseñarse los contenidos y se ofrecen algunos recursos para su tratamiento. A su vez, al finalizar cada unidad se presentan Objetivos de aprendizaje de la unidad que servirán como orientadores para la evaluación tal cual se expresa luego en el apartado Orientaciones para la evaluación. 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.

DESARROLLO DE LOS CONTENIDOS

Unidad 1. La evolución humana

Teorías y evidencias de la evolución humana. El lugar del hombre en el reino animal. El linaje homínido. La diversidad en el género *Homo*. Hipótesis sobre los orígenes del *Homo sapiens*. *Expansión y dominio del hombre sobre el planeta: el hombre como factor evolutivo.*

Evolución del cerebro humano. Concepto de cefalización en el mundo animal. Hominización y cerebralización: origen evolutivo del cerebro humano. Estructura y funciones básicas del cerebro humano. Cambio biológico y cambio cultural. *El determinismo biológico a debate: genes, cerebro y comportamiento.*

Orientaciones para la enseñanza

Esta primera unidad incorpora una perspectiva que no ha sido tratada en los años anteriores: el lugar del hombre en el reino animal. Sobre la base de reconocer que el hombre es parte del reino animal y que sus características biológicas son una consecuencia de esta pertenencia, se avanza hacia la idea de que este, como el resto de los seres vivos, es el producto de una historia evolutiva.

A partir de retomar los conceptos centrales de las teorías del Ancestro común y de la Evolución por selección natural estudiadas en 2º año, se abordan los diferentes modelos que la ciencia ha producido para explicar el origen humano.

El interés que despierta este tema nos permite asegurar que los estudiantes tienen una serie de conocimientos, informaciones y representaciones al respecto que pueden ser explicitadas en clase. Por eso, al iniciar las primeras clases el docente podrá plantear alguna discusión en torno al origen animal de los humanos con el fin de que dichas interpretaciones sean el punto de partida para seguir profundizando.

Habitualmente, los estudiantes suelen tomar como referencia para explicar el origen del hombre, la impactante y popular frase "el hombre desciende del mono". En gran medida, la primera parte de esta unidad debería centrarse en el análisis pormenorizado de esta idea, los significados que encierra y la confrontación con el sentido que pueda atribuirse a esta frase en el contexto de los conocimientos y teorías evolutivas actuales.

Es muy importante aquí retomar el concepto de ancestro común que los estudiantes trabajaron en 2º año, y enfatizar que los humanos guardamos con los monos actuales un parentesco evolutivo lejano en el tiempo, ya que miles de años atrás un ancestro común dio origen a ambos grupos. El mismo reconocimiento de la existencia de un ancestro común niega a la vez la posibilidad de que monos y hombres actuales estén directamente emparentados en el sentido de que unos dieron origen a los otros.

El estudio comparativo de los diferentes modelos históricos y vigentes sobre el origen humano permitirá advertir que en ningún caso se parte de la base de una descendencia directa del hombre a partir de los monos.

A la vez, un estudio más detallado sobre estos diferentes modelos y la justificaciones que los acompañan permitirán comprender que los mismos responden tanto a la imperfección del registro fósil y a los nuevos descubrimientos que van llevándose a cabo en diferentes partes del mundo y en diferentes momentos, como a diferentes perspectivas ideológicas por las que están atravesadas las teorías sobre la evolución humana.

En este sentido, no se espera que se estudien en detalle aspectos de la anatomía comparada y la distribución geográfica de los homínidos. El énfasis deberá hacerse en la relación entre los árboles filogenéticos construidos a partir de las observaciones y las teorías, haciendo foco en cómo la teoría da cuenta de estas observaciones y a la vez como unas mismas observaciones pueden ser sustento de diversos modelos, en tanto los mismos están influenciados por diversos intereses locales que reclaman para sí el derecho de haber sido la "cuna" del hombre moderno.

Las intensas discusiones y argumentos que se dan sobre el origen europeo o africano del hombre actual (bautizadas como modelos del "candelabro" y del "arca de Noé") y de sus

relaciones con otras especies de humanos que poblaron ambos continentes pueden resultar ilustrativos en este aspecto.

Asimismo, puede resultar interesante analizar los apasionados debates que atraviesan a la antropología y arqueología moderna sobre el origen del hombre americano, tanto respecto a su antigüedad, las vías de inmigración y el carácter europeo o asiático de las poblaciones "fundadoras".

Otra de las representaciones muy populares sobre la evolución humana que será importante poner a debate es aquella contenida en el tradicional esquema de la "cadena del ser" donde se representa una supuesta continuidad y progresividad evolutiva desde los monos hasta el hombre moderno a lo largo del tiempo. Idea muy persistente que supone un progreso sucesivo desde los homínidos más imperfectos hasta el más perfecto, así como ciertos "saltos" del registro fósil denominados "eslabones perdidos". Será preciso destacar que en esta "mirada" sobre la evolución humana subyacen otras concepciones más generales sobre la evolución de la vida basadas en la idea del determinismo biológico y teorías de corte finalista que no conciben con la moderna teoría evolutiva. Precisamente, en la primera unidad de 2º año se puso foco en el hecho de que la teoría evolutiva no supone finalidades o determinaciones algunas. Esta idea debe ser retomada al tratar la evolución humana.

Una excelente oportunidad para debatir en torno a las ideas finalistas o deterministas en biología es analizar el famoso fraude científico que se llamó "el hombre de Piltdown" y que durante 40 años –hasta que se probó su carácter fraudulento –intentó demostrar la existencia de un "eslabón perdido" confirmatorio de las teorías sobre el progreso evolutivo gradual desde los simios imperfectos hasta la supuesta perfección humana.

Esta parte de la unidad debe culminar con alguna descripción actualizada del árbol filogenético de los homínidos. Finalmente, se tratará sobre aquellas habilidades científico-técnicas humanas dentro de los diferentes marcos políticos, económicos y culturales por los que atravesó la humanidad, desde sus inicios hasta nuestros días, que le permitieron dominar gran parte del planeta así como transformarlo profundamente.

La perspectiva desde la cual se propone analizar este dominio se relaciona con las implicancias evolutivas que lleva asociadas: la pérdida de biodiversidad, la modificación genética de los organismos que incorpora en el ambiente una variabilidad "a medida", la tecnología médica que, eventualmente, permitirá al hombre dirigir su propia evolución.

Esta instancia puede resultar muy interesante para proponer una investigación por parte de los estudiantes del desarrollo de diferentes tecnologías, tanto a lo largo del tiempo como en diferentes culturas coexistentes. Por ejemplo, el debate actual sobre la soja transgénica resistente a herbicidas como el glifosato y las eventuales consecuencias de su uso masivo, tanto para la salud humana como para el ambiente, respecto a las tecnologías tradicionales para la eliminación de "malas hierbas" en los cultivos y sus efectos potencialmente negativos asociados. Si se organizan diferentes grupos y a cada uno se le asigna una tecnología para indagar, se ofrecerá una buena oportunidad para plantear situaciones de enseñanza centradas en la comunicación de información.

La segunda parte de esta unidad toma uno de los temas más controvertidos y delicados de la teoría evolutiva humana. ¿Qué nos hace humanos? ¿Hay una esencia de lo humano que nos aparta del mundo animal? Será importante que los estudiantes asuman que en el cerebro hu-

mano residen todas aquellas funciones que nos distinguen del resto del mundo animal sin que ello excluya nuestra pertenencia al mismo.

Ya en la primera parte de la unidad los estudiantes han tenido oportunidad de acercarse a esta idea a partir de las discusiones en la comunidad científica asociadas a la definición del linaje humano (el lenguaje, la capacidad de simbolizar). Se podrá ahora traer a la clase, para que los estudiantes recuperen sus conocimientos sobre el tema, lo aprendido en 3° año a propósito del tratamiento de la Unidad 1 y parte de la Unidad 2, tanto en lo atinente al modelo estímulo-procesamiento-respuesta y el funcionamiento del sistema nervioso, como al debate sobre lo innato y lo aprendido.

A lo largo de la evolución de los vertebrados se puede constatar el creciente grado de tamaño y complejización del sistema nervioso. La cefalización es la característica más sobresaliente de este proceso y es en el cerebro humano donde adquiere su mayor preponderancia. Esta tendencia en el resultado evolutivo está asociada con la posibilidad de desarrollar comportamientos más elaborados. El estudio comparado del sistema nervioso en diferentes grupos animales y en los vertebrados en particular, dará la oportunidad a los estudiantes de comprender este aspecto en el desarrollo evolutivo vinculado con el aumento de tamaño y complejidad funcional del sistema nervioso. Paralelamente, el reconocimiento de que en la evolución de los homínidos se puede advertir la misma tendencia general, permitirá entender la importancia que tuvo la cefalización en la evolución de nuestra especie.

Se podrá, durante el curso, desarrollar una descripción general de las partes que componen el cerebro de los vertebrados y sus funciones y, comparativamente, ubicar aquellas zonas que adquirieron mayor desarrollo en los diferentes grupos desde los peces hasta los mamíferos. En particular, se pondrá énfasis en el gran desarrollo de la corteza cerebral en los seres humanos, donde residen sus peculiares habilidades cognitivas.

No se pretende que los estudiantes conozcan en detalle las diferentes partes del cerebro, sino que puedan reconocer en general aquellas que forman parte del cerebro de los vertebrados así como sus principales funciones y correlacionarlas con la disposición que adopta en los seres humanos.

Aquí surgen nuevamente controversias respecto de la evolución humana que resultará interesante retomar: ¿qué fue lo primero en el camino hacia la evolución humana, el bipedismo o la cefalización? ¿Fue la postura erecta la determinante de que un grupo de simios diera origen al género *Homo* o por el contrario primó un tamaño cerebral tal que le confirió habilidades especiales aun antes de desplazarse sobre sus dos patas?

*El mayor o menor volumen craneal es para los paleontólogos un indicador de la evolución del género *Homo* y a la vez, la aceptada progresividad en este incremento se ve desafiada una vez mas por la existencia de variantes arcaicas del *Homo sapiens* con volúmenes craneales ligeramente superiores al del hombre actual.*

La imposibilidad de contestar, al momento, sobre las capacidades del lenguaje articulado en los representantes fósiles del género *Homo*, sobre su carácter social y sus capacidades para desarrollar aspectos culturales y artísticos que dieran cuenta de la posesión de un pensamiento abstracto, operan como fuertes limitantes a la hora de caracterizar la "humanidad" o "inhumanidad" de la gran mayoría de los fósiles encontrados. Esta constatación sobre las limitaciones

de la paleoantropología, la paleoarqueología y la biología modernas para caracterizar plenamente el surgimiento de lo humano opera como un alerta respecto del carácter especulativo y sujeto a revisión permanente de los modelos científicos.

Es interesante aquí recurrir a las teorías antropológicas de los siglos XIX y XX que por medio de la craneometría clasificaban a las diferentes etnias actuales en más o menos evolucionadas según los resultados de dichas mediciones. La impronta racista y discriminadora de dichas teorías y prácticas, frecuentemente justificadoras de las diferencias sociales, presentan una oportunidad para debatir en torno al carácter ideológico que envuelve a los modelos científicos en sus variantes científicas y, en este caso, el reduccionismo biológico. Estas teorías incluso llegaron a justificar la dominancia del hombre sobre la mujer en función de la comparación del volumen craneal entre ambos sexos.

Objetivos de aprendizaje de la unidad

- Utilizar los conocimientos sobre la Teoría de la Evolución por selección natural para interpretar el origen del *Homo sapiens*, y justificar la pertenencia de los seres humanos al reino animal.
- Analizar los diferentes modelos que la ciencia ha producido para explicar el origen humano y correlacionarlos con los hallazgos arqueológicos, paleontológicos, disponibles en diferentes momentos históricos.
- Identificar las diferentes perspectivas ideológicas que subyacen a los modelos históricos que explican el origen y evolución humanas, construidos sobre la base de un mismo conjunto de datos.
- Describir y representar el árbol filogenético actualizado sobre la evolución humana, así como interpretar las escalas temporales y ubicación geográfica que se asigna a los grupos ancestrales.
- Utilizar los argumentos que sustentan las principales controversias contemporáneas sobre el origen y distribución de los humanos modernos, para fundamentar una u otra postura.
- Explicar la evolución humana estableciendo la importancia que se asigna al desarrollo evolutivo del sistema nervioso en general y al volumen craneal en particular. Incluir en dicha explicación las limitaciones de la ciencia para correlacionar el volumen craneal de los grupos ancestrales con las habilidades que se supone caracterizan el carácter humano, principalmente el lenguaje articulado y el pensamiento abstracto.
- Analizar críticamente diferentes ejemplos históricos en los cuales la construcción y utilización de modelos antropológicos operaron como justificación del fraude científico y la discriminación. Expresar una posición propia y fundamentada sobre los mismos.
- Comparar las principales "novedades evolutivas" de los sistemas nerviosos en vertebrados, correlacionándolos con las "habilidades" de cada grupo.
- Identificar los principales cambios evolutivos en el cerebro vertebrado y la ubicación física donde residen las funciones superiores en el cerebro humano.
- Interpretar la complejidad que adquieren los estudios sobre evolución humana y argumentar por qué no es posible separar los aspectos biológicos de los culturales.

Unidad 2. El origen de las especies

Biología de las poblaciones. Principales características de las poblaciones. Estabilidad y cambio en las poblaciones. Variabilidad genética y ambiental. La población como unidad evolutiva. Principales modelos de especiación. *El mecanismo de la evolución a debate: modelos alternativos para explicar el cambio evolutivo.*

Orientaciones para la enseñanza

En la unidad anterior los estudiantes se acercaron a los intensos debates alrededor del tema del origen y la evolución humana. Consideraciones tales como la capacidad craneal, los rasgos anatómicos, la capacidad de producir herramientas o expresarse por medio de manifestaciones artísticas dominan este tipo de estudios. Sin embargo, una cuestión capital para comprender la evolución animal y muy particularmente la humana radica en la posibilidad de entender las dinámicas poblacionales más que las modificaciones en los individuos.

El interrogante aún no resuelto sobre si el surgimiento y expansión del *Homo sapiens* responde al modelo del candelabro o del "Arca de Noé" (dicho de otro modo, si todos los acontecimientos evolutivos del ser humano tienen un origen europeo a partir de la migración del *Homo erectus* hace 1 millón de años atrás o, por el contrario, fue una población de *Homo sapiens* surgida en el África la que explica nuestro origen) está directamente relacionado con la comprensión de los cambios y sustituciones en las poblaciones en interacción con ambientes diversos.

Para ello será necesario ir acercándose paulatinamente a una síntesis de los conocimientos provistos por las "grandes teorías" (la Teoría de la Evolución por selección natural, la Ecología, la Genética mendeliana y la Genética molecular) que marcaron históricamente a la biología moderna y que los estudiantes fueron abordando en años anteriores.

Por ello, se recomienda a los docentes que revisen los diseños curriculares de Biología –en particular los de 2º y 3º año– especialmente las Orientaciones para la enseñanza que acompañan a cada unidad, con el fin de dar coherencia al abordaje de estos contenidos y, a la vez, hacer evidente para los estudiantes la interconexión entre los saberes aprendidos y los nuevos por aprender.

En el 1º año los estudiantes han tenido la oportunidad de estudiar los conceptos de *población* y *especie* en el contexto de la ecología. En este 5º año se profundizan o incorporan los conceptos asociados como el de *nicho ecológico* y *hábitat*, ya que cobran gran significatividad en el marco de los contenidos de esta unidad.

En 2º y 3º año, al considerar la evolución biológica, se han ido desarrollando los nexos entre esta y las bases genéticas explicativas para la misma en el nivel de individuo, y se ha hecho referencia a las especies y poblaciones como unidades biológicas susceptibles de sufrir cambio evolutivo.

Se propone avanzar en la idea de que, si bien los organismos individuales sufren cambios que proveen variabilidad genética, éstos no constituyen en sí mismos una unidad evolutiva. Resulta fundamental la comprensión de que estos cambios solo se transmitirán a las generaciones futuras si las mutaciones se han fijado en las gametas y que, si este es el caso, solo se propagará entre la población adquiriendo un cierto valor adaptativo si las condiciones ambientales confieren a sus portadores una capacidad diferencial para dejar descendientes fértiles.

La idea de la existencia de un reservorio génico de las poblaciones es central para abordar esta temática, enfatizando el hecho de que es ese *pool* o conjunto de genes el que va experimentando cambios a lo largo del tiempo en función de las condiciones cambiantes del medio, y que el significado de cambios, en este caso, no se refiere a cambios en los genes sino en las frecuencias alélicas en la población.

El repaso y acento en la reproducción diferencial en el seno de una población en función de su valor adaptativo, cobra aquí una renovada importancia para enseñar este tema resignificándolo-

lo en términos de la propagación de algunos genotipos respecto de otros en dicha población. Ejemplos clásicos como el de cambio de frecuencias génicas para el color en la polilla *Biston betularia* pueden ser retomados si es que ya se trataron en años anteriores u ofrecidos en este momento. Asimismo, se dispone en la bibliografía de diversos ejemplos al respecto.

Es el momento entonces de abordar la idea de que, sobre la base de un *pool* de genes presente en una población, actúa la selección natural en una compleja relación entre variabilidad y adaptación a las condiciones ambientales cambiantes. Selección natural que opera estabilizando los tipos intermedios (la más común en poblaciones que habitan ambientes relativamente estables por largos periodos de tiempo), la que opera modificando los tipos en una dirección a lo largo del tiempo (como la complejidad del sistema nervioso en los vertebrados o la cefalización en los homínidos respondiendo a ambientes que se modifican en forma paulatina) y aquellas que operan aumentando la variabilidad fenotípica (el ejemplo de los pinzones de Darwin, en "mosaicos" ambientales).

Se pueden replantear provechosamente aquí algunos aspectos estudiados en la unidad anterior formulando interrogantes tales como: siendo los humanos actuales todos miembros de la misma especie, ¿por qué existen diferencias fenotípicas marcadas entre los seres humanos? ¿Por qué dichas diferencias tienen una distribución heterogénea en los diferentes continentes? ¿Hasta que punto la idea de raza es consistente con los conocimientos actuales de la genética de las poblaciones? Será preciso retomar la idea de que las evidencias arqueológicas y genéticas actuales otorgan un único origen a los humanos actuales, ubicado en algún lugar de África. Es desde allí desde donde la especie a la que pertenecemos migró y se expandió y diversificó por el planeta formando distintas poblaciones con frecuencias alélicas diferenciales que determinan los caracteres morfológicos visibles y que llevaron a categorizar a los seres humanos en diferentes razas con sus connotaciones históricas de discriminación, segregación e incluso genocidio. También resultará interesante marcar la progresiva homogeneización de las características fenotípicas y culturales de los humanos a partir de una también progresiva ruptura del aislamiento cultural, geográfico y reproductivo en un pasado no tan remoto.

Una vez que los estudiantes han comprendido que las frecuencias génicas dentro de una población pueden modificarse a lo largo del tiempo, podrán abordar la idea de que, a partir de este conjunto de genes cambiantes, podrá ocurrir el proceso de especiación sobre la base de que operen mecanismos de aislamiento reproductivo de una parte de la población respecto de otras.

En este marco se plantearán los principales modelos de especiación vigentes dentro de la teoría neodarwinista: los modelos de especiación por divergencia adaptativa (alopátrica, simpátrica y parapátrica) y de especiación instantánea (peripátrica y poliploidía). No será necesario tratar en detalle todos y cada uno de los modelos de especiación, sino tomar algunos para ejemplificar las diferencias entre lo que llamamos especiación por divergencia adaptativa e instantánea.

Llegado este punto es probable que surja en los estudiantes la pregunta sobre si es posible que estos modelos evolutivos que dan cuenta del surgimiento de nuevas especies puedan a la vez abarcar la explicación del surgimiento de taxones enteros. Es el momento de establecer la diferencia entre las explicaciones para la microevolución que responden a los modelos que se estuvieron estudiando y para la macroevolución que da cuenta de los fenómenos que ocurren en niveles superiores al de especie.

Surge aquí la necesidad de estudiar los conceptos centrales de los modelos explicativos de la macroevolución como son los de extinción en masa y cambio evolutivo en grandes grupos de

organismos (el vuelo en las aves, los pulmones en vertebrados), junto con la idea de radiación adaptativa como consecuencia de estos fenómenos de gran escala. Ejemplos como la relación entre la extinción de los grandes saurios y la posterior expansión y radiación adaptativa de los mamíferos o la adquisición de la capacidad del vuelo y la propagación de esta "novedad" en un tiempo relativamente corto, serán de utilidad para ilustrar estas ideas.

En el marco de las preguntas y ejemplos anteriores, se proponen estudiar algunos modelos alternativos al de Evolución por selección natural, relativizando la idea que este modelo explica toda la historia de la vida en la tierra que condujo a la enorme biodiversidad tanto presente como pasada.

Será necesario abordar otras explicaciones sobre el cambio evolutivo que cuestionan la idea central darwinista de selección natural como único mecanismo que da cuenta de todos y cada uno de los cambios en los seres vivos. Estas son las teorías neutralistas o las que dan importancia a los procesos que afectan al desarrollo dando origen a organismos neoténicos, como es el caso de algunas especies de salamandras, sin que pueda advertirse selección natural de un tipo adaptativamente más ventajoso.

El debate entre gradualismo darwiniano clásico y el modelo de los equilibrios discontinuos o puntuados de Gould ofrecerá una oportunidad para reconocer el panorama general de la evolución de la vida en la Tierra, desde su origen al presente, y poner en cuestión la existencia de tipos intermedios que muestren cambios progresivos como exigen las teorías gradualistas. Se podrá retomar la idea del "eslabón perdido" en la escala evolutiva humana y su carácter solidario con la propuesta gradualista así como su inconsistencia con la discontinuista.

Objetivos de aprendizaje de la unidad

- Reconocer a las poblaciones como las unidades biológicas susceptibles de sufrir cambio evolutivo.
- Analizar ejemplos sobre el cambio de las frecuencias génicas en poblaciones, relacionándolas con la potencialidad del surgimiento de nuevas especies.
- Resignificar la idea de valor adaptativo aprendida en años anteriores vinculándola con la idea de condiciones ambientales propicias y reproducción diferencial de genotipos presentes en las poblaciones.
- Explicar y dar ejemplos sobre los principales modos en que opera la selección natural sobre las poblaciones: estabilización de tipos intermedios, modificación de tipos o aumento de variabilidad.
- Explicar los principales modelos de especiación que se ofrecen dentro del marco que provee la teoría neodarwiniana.
- Vincular los conocimientos adquiridos en el estudio de la evolución humana con los conocimientos sobre biología de las poblaciones.
- Analizar ejemplos de fenómenos de adaptación distinguiendo aquellos que pueden explicarse a partir de los modelos de especiación y los que pertenecen al campo de la macroevolución.
- Comparar las propuestas neodarwinianas de cambio gradual con las que proveen otros modelos evolutivos: teorías neutralistas y saltacionistas.

Unidad 3. Bases genéticas del cambio evolutivo

Origen de la variabilidad genética. Duplicación del material genético, transcripción y traducción de la información genética: la síntesis de proteínas. Genes y ambiente. Mutaciones genéticas y cromosómicas. Genes estructurales y genes reguladores.

Consecuencias evolutivas del cambio genético. Cambios genéticos inducidos: tecnologías de ADN recombinante. *El determinismo biológico a debate: conocimiento y modificación del genoma humano.*

Orientaciones para la enseñanza

En la unidad anterior, los estudiantes han trabajado sobre la importancia de la variabilidad genética en las poblaciones que les confiere potencial evolutivo. Dicho potencial se puede expresar en la posibilidad de sobrevivir dentro de ciertos rangos ambientales. Eventualmente, y bajo ciertas condiciones, también puede conducir a la formación de nuevas especies. En este contexto, la mutación ha sido presentada como fuente de dicha variabilidad genética. En esta unidad se propone avanzar en la comprensión de los mecanismos moleculares implicados en la generación de dichas variaciones genéticas.

Generalmente, el concepto de mutación como fuente del cambio en las características de los organismos es visualizado en sus aspectos negativos: las mutaciones son responsables de variadas enfermedades genéticas y otras disfunciones vitales entre las cuales se encuentra el cáncer. Esta mirada privilegia la estabilidad de los organismos, tanto en sus estructuras como funciones y oculta un hecho fundamental: si no se operaran cambios en el ADN las especies se mantendrían inmutables en el tiempo, como quería el fijismo medieval que tuvo fuerte influencia hasta el siglo XIX. Como sabemos desde la formulación de la Teoría de la Evolución, la inmutabilidad de las especies conduciría a "callejones sin salida" a grandes grupos de organismos con la consecuente pérdida progresiva de biodiversidad, dada la imposibilidad de su adaptación a ambientes cambiantes.

Se trata entonces de conmover estas visiones negativas sobre el cambio en las características genéticas, recolocándolas desde la perspectiva que provee la Teoría de la Evolución en su versión moderna. De esta manera, la unidad es una culminación de las líneas de indagación abiertas en años anteriores, es decir, integra las ideas de continuidad y evolución de los seres vivos.

Durante su tránsito por la Escuela Secundaria los estudiantes tuvieron la oportunidad de estudiar los mecanismos hereditarios desde una explicación clásica (mendeliana); la reproducción responsable de la continuidad de la vida y las características del material genético en su doble función: constituir la fuente de información necesaria para el funcionamiento celular por medio de la síntesis proteica y la de transmisión de las características de un individuo a las nuevas generaciones.

En esta unidad se trata de profundizar en los mecanismos moleculares relacionados con la duplicación del ADN y con la síntesis de proteínas, para establecer las relaciones entre los conceptos de mutación, genotipo y fenotipo. En este sentido, resultará importante resaltar que el fenotipo es la manifestación de la acción de una o un grupo de proteínas, su estructura cambia en función de los cambios que puedan afectar al ADN y estos cambios pueden manifestarse como nuevas características "visibles" o "invisibles" de los organismos. Simultáneamente, se podrá avanzar en la idea de que la existencia de diversos mecanismos mutacionales tales como

las mutaciones en genes reguladores y las deleciones, fusiones o rearrreglos cromosómicos –que fueron excluidos del estudio de la temática en 3º año, centrado en mutaciones puntuales– permiten explicar profundos cambios en las estructuras y funciones de los organismos.

Será necesario en esta unidad y nivel complejizar el concepto de gen que se estuvo manejando durante los años anteriores: la idea de que los genes están jerárquicamente organizados y existen genes estructurales y reguladores de gran importancia. La identificación de genes reguladores del desarrollo (genes *homeobox* y *hox*) y sus particulares funciones teratogénicas aportan nuevos datos sobre la evolución ya que permiten pensar en la posibilidad de mecanismos de especiación e, incluso, de surgimiento de nuevos taxones en forma "súbita", como proponen las teorías saltacionistas en contraposición con el gradualismo del neodarwinismo clásico.

También, se abordarán algunos mecanismos de acción de los mutágenos como agentes que aumentan la frecuencia de las mutaciones pero 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 sobre las oportunidades de supervivencia y reproducción de las diferentes variantes genéticas. Ejemplos bien establecidos de la acción de agentes mutagénicos pueden ser muy interesantes de abordar. Uno de ellos es la gran cantidad de mutaciones detectadas en la población afectada por el accidente nuclear ocurrido en Chernobyl, Rusia, el 26 de abril de 1986.

Resulta interesante también retomar más en detalle (tal vez los estudiantes tuvieron la oportunidad de estudiar este ejemplo en 3º año) la bien identificada mutación en el gen que codifica para la molécula de hemoglobina y cuya manifestación fenotípica es la denominada anemia falciforme. Ahora interesa tratar esta enfermedad ya no como un ejemplo más de los efectos de una mutación puntual, sino de la compleja interacción genes-ambiente y la relatividad de los conceptos ventaja o desventaja adaptativa. El hecho de que la presencia del gen mutado que determina la anemia falciforme represente una desventaja evidente para aquellas poblaciones que lo portan en un ambiente determinado (donde el paludismo no es una enfermedad endémica), y simultáneamente una ventaja relativa para aquellas que viven en un ambiente donde este "defecto" genético las protege contra la paludismo, es por demás interesante para trabajar con los estudiantes.

A su vez, si estos conceptos se vinculan con los estudiados en la unidad anterior sobre genética poblacional, se puede hacer hincapié en que la diseminación de este alelo autosómico recesivo en todo el mundo es un producto directo del tráfico de esclavos africanos ocurrido durante los siglos XVII y XVIII, ya que sus portadores originales fueron los integrantes de poblaciones de origen africano trasladados por la fuerza al continente americano.

En este mismo orden, se pueden retomar los interrogantes que quedaron abiertos al trabajar sobre el origen y la evolución humana en la Unidad 1, desde el punto de vista del aporte que las técnicas de la genómica moderna hacen a la antropología y que dieron origen a una rama de esta ciencia, denominada Antropología Molecular. La hipótesis sobre el origen y distribución de los humanos derivada del modelo denominado "eva mitocondrial", basado en el estudio de la acumulación de mutaciones en el ADN de las mitocondrias, ofrece un inmejorable caso para ser analizado, así como las grandes controversias que suscitan sus resultados cuando son contrastados con otros modelos y técnicas de estudio.

En este momento del desarrollo de la unidad, se podrán comenzar a tratar las tecnologías que permiten dirigir los cambios genéticos de algunos organismos con diversos fines (de investigación, aplicación médica o productiva).

En una primera aproximación, será importante retomar la noción de la universalidad del código genético y el valor teórico que esta constatación tiene en cuanto opera como una prueba de la evolución biológica y del origen común de todos los organismos a partir de una única población ancestral (origen monofilético).

Pero, además, se destacará que esta constatación sumada a un conocimiento cada vez más detallado de los genes y sus funciones en los organismos, ha adquirido en la última década un valor práctico en plena expansión que permite desarrollar imaginativas tecnologías mediante las cuales pueden combinarse en un mismo organismo genes propios y ajenos.

Surgirá entonces la necesidad de comenzar a estudiar los conceptos asociados a la ingeniería genética, algunas técnicas de ADN recombinante (ADN que combina fragmentos de organismos diferentes) y los principales métodos para lograr organismos genéticamente modificados, así como ejemplos de sus aplicaciones.

Para este apartado se puede tomar alguno de los temas que están en debate actualmente como la generación de Organismos Genéticamente Modificados destinados a la producción agropecuaria, las terapias génicas o la reciente aplicación de técnicas de selección embrionaria. Es fundamental hacer hincapié en que la ciencia no está en condiciones de responder a priori sobre la legitimidad o ilegitimidad de estas prácticas (aunque los científicos sean también responsables sobre las eventuales consecuencias de su aplicación); tampoco, desde la perspectiva científica, es imposible responder sobre si un embrión humano puede o no ser considerado una persona y, por ende, su utilización para la investigación resulta una violación al derecho humano.

Exponer diferentes posiciones sobre estas problemáticas y conducir a los estudiantes a profundizar en las mismas y expresar su pensamiento fundamentado, es uno de los objetivos en este punto del programa. Por ejemplo, la investigación y ulterior aplicación de técnicas de ingeniería genética aplicada a los seres humanos (en células germinales, en el embrión o en cualquier etapa de la vida del individuo) es firmemente defendida por la mayor parte del mundo científico a partir de las posibilidades que se abren para aplicar terapias génicas, que podrían revertir una variedad de enfermedades genéticas, hoy incurables (por ejemplo la enfermedad fibroquística, ciertas inmunodeficiencias o la talasemia).

Desde otra perspectiva, la modificación genética de los seres humanos es criticada también apasionadamente por quienes piensan que abre un camino hacia ciertas prácticas eugenésicas (Eugenesia positiva: es decir la modificación del código genético con el fin determinar características tales como la inteligencia, el color de piel, la estatura o el rendimiento físico). Surgen preguntas tales como, ¿quién o quiénes y con qué criterios o derechos podrían sostener que determinadas características fenotípicas humanas son mejores que otras? Se argumenta también que el determinismo biológico, a instancias de las tecnologías disponibles, tendería a disminuir la variabilidad genética existente en nuestra especie y conducir la evolución biológica humana.

Vinculado con estos avances, esta unidad permite poner a debate las posibilidades de conocer y eventualmente manipular el genoma humano. ¿Qué consecuencias tendría para las personas en ámbitos tales como el laboral, si existiese la posibilidad de prever el desarrollo de enfermedades genéticas en una etapa de la vida? ¿Sería lícito el análisis genético de las personas para determinar sus capacidades intelectuales y orientar sus estudios futuros dependiendo de los resultados de tales análisis?

En este sentido, es interesante el debate vigente en relación con el derecho de los pueblos originarios basado en su caracterización genética. En principio, el análisis de ADN permitiría identificar la cercanía o lejanía de una persona o un grupo de personas de una etnia en particular. En algunos casos, se propone basar la jurisprudencia respecto al derecho a las tierras de los aborígenes en función de que se compruebe por vía del análisis genético la pertenencia de los reclamantes a la etnia con la cual se identifican, independientemente de si dicha identificación responde a patrones culturales, psicológicos, etcétera.

Estos y otros ejemplos contemporáneos que afectan los derechos humanos (laborales, identitarios, educativos, etc.) sobre la base de una supuesta identificación unívoca de las personas en función de la información genética que les es propia, permitirán discutir sobre los peligros del determinismo biológico. Se podrán incluir también ejemplos históricos de cómo modelos científicos y pseudocientíficos, que luego fueron invalidados por la propia comunidad científica, determinaron en diversos períodos de la historia la justificación de la discriminación y represión de diferentes grupos humanos.

Prácticas del pasado sustentadas en modelos científicos en su momento bien establecidos y posteriormente descartados, tales como la craneometría para caracterizar el supuesto desarrollo evolutivo de diferentes etnias, el análisis de los atributos "lombrosianos" para identificar posibles delincuentes o como prueba para inculparlos de delitos o las intenciones y prácticas eugenésicas del nazismo pueden ofrecerse como ejemplos concretos de las consecuencias del determinismo biológico asociado a posturas sociobiológicas y el riesgo potencial de que las nuevas tecnologías deriven en una vuelta a estas concepciones.

Objetivos de aprendizaje de la unidad

- Establecer las relaciones entre los conceptos de mutación, genotipo y fenotipo sobre la base del conocimiento de los mecanismos moleculares de la expresión genética y la herencia.
- Describir los principales mecanismos mutacionales conocidos, ampliando la idea de mutaciones puntuales estudiadas en años anteriores como únicas fuentes de variabilidad genética.
- Argumentar desde los conocimientos de la genética molecular las razones que permiten afirmar que el medio no ejerce presiones dirigidas hacia el cambio genético.
- Analizar mediante ejemplos la relatividad de los conceptos de ventaja o desventaja adaptativas y su estrecha relación con las particularidades del entorno a los que se exponen los fenotipos.
- Utilizar el conocimiento de la existencia de genes que controlan otros genes para reinterpretar las teorías que explican fenómenos de macroevolución.
- Describir las principales técnicas destinadas a la modificación genética de los organismos y sus aplicaciones.
- Debatir y argumentar sobre las limitaciones del conocimiento biológico para legitimar o deslegitimar las prácticas de caracterización y modificación genética de los organismos, principalmente de los seres humanos.

ORIENTACIONES DIDÁCTICAS

Como se dijo en la introducción, la enseñanza de la Biología consiste no sólo en la transmisión de ciertos conceptos propios de la disciplina, sino la enseñanza de unas maneras particulares de acercarse a este objeto de conocimiento, también llamados *modos de conocer*. Leer y escribir sobre Biología, formular preguntas e hipótesis pertinentes, diseñar estrategias para ponerlas a prueba, participar de debates y fundamentar posiciones, analizar experimentos realizados por otros e interpretar sus resultados son saberes que no se adquieren espontáneamente, deben ser aprendidos en la escuela y, por lo tanto, son contenidos de enseñanza. Esto implica la necesidad de elaborar planificaciones que incluyan una enseñanza articulada de conceptos, modos de conocer y habilidades como 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.

Entendemos por *situaciones de enseñanza* a los distintos dispositivos que el docente despliega en una clase para que los estudiantes 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 estudiantes (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 diferentes prácticas que tanto los estudiantes como los docentes deberán desplegar para que se logren los aprendizajes esperados.

SITUACIONES DE LECTURA Y ESCRITURA EN BIOLOGÍA

Aunque los estudiantes de la escuela secundaria saben leer y escribir, es necesario atender a la especificidad que esta tarea cobra en la clase de Biología. Esta especificidad no sólo 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 comprender un concepto o encontrar argumentos que permitan sostener un debate. Al cambiar el propósito de la lectura, también cambia la actitud del lector frente al texto. Por ejemplo, en Biología suele suceder que los estudiantes 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 lec-

tura serán significativos para los estudiantes 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 estudiantes 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 estudiantes 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 estudiantes 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 estudiantes 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 estudiantes deberán aprender a manejarse con estos modos de comunicar el conocimiento. Ciertas expresiones como por ejemplo: "para mantener cerebros cada vez mas grandes, los representantes del genero *Homo* fueron cambiando sus hábitos alimentarios", debe poder interpretarse, a pesar de la imagen de inmediatez que puede representar, como la descripción de un largo proceso de adaptación, y, uno de los diferentes rumbos que signaron la evolución de los primates. Para ello será fundamental que el docente enfatice estas cuestiones y las ponga en evidencia durante la lectura, a partir del trabajo con ejemplos del texto utilizado.

Por otra parte, en los textos de biología los estudiantes 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 estudiantes 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 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 estudiantes 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 estudiantes textos con propósitos diferentes y los analice con ellos de manera de modelizar lo que se espera que los estudiantes produzcan. En las situaciones de lectura y escritura los estudiantes 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 estudiante;
- 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 estudiantes 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 estudiantes;
- señale las diferencias existentes entre las distintas funciones de un texto, tales 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 mediante ellos que se pone de manifiesto cuál es el motivo de la indagación. Muchos conceptos y explicaciones cobran sentido cuando se conoce a qué preguntas están respondiendo o qué problemas están intentando resolver.

No todas las preguntas son fructíferas en clase de Biología. Algunas son una demanda a una respuesta inmediata o puntual (¿cuáles son los primates actuales filogenéticamente más emparentados con el *Homo sapiens*? Otras, no pueden abordarse exclusivamente desde la ciencia (¿debería prohibirse la producción de organismos genéticamente modificados con el fin de no intervenir en el curso natural de la evolución biológica?), y otras, abren una puerta para iniciar un camino de indagaciones en busca de respuestas y explicaciones (El mecanismo de selección natural propuesto por Darwin, ¿permite explicar “novedades” evolutivas de tal magnitud como la adquisición de pulmones que permitió a los animales colonizar los ambientes terrestres o el la capacidad de vuelo en los dinosaurios?).

Estas son las preguntas sobre las cuales se pone el foco en este apartado: aquellas que promueven el desarrollo de investigaciones escolares denominadas *preguntas investigativas*. Las investigaciones escolares son una combinación de una variedad de estrategias de búsqueda, organización y comunicación de información: en la bibliografía, las explicaciones del docente o de expertos, en la experimentación o 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 estudiantes comprendan que existen preguntas investigativas y preguntas que no lo son y puedan distinguir entre ambas. Por otra parte, cuando un estudiante 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 estudiantes suelen hacer comentarios que encierran preguntas interesantes, que plantean desafíos para investigar. Es tarea del docente estar atento a estas oportunidades para retomarlas y transformarlas en preguntas investigativas; asimismo, es importante promover el análisis colectivo de las preguntas con vistas a mejorarlas y 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 estudiantes 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 estudiantes, una vez que han aprendido un concepto, lo tomen como universal, o no reparen en los nuevos desafíos que ese concepto plantea. Por ejemplo, una vez que han aprendido que los genes determinan las características biológicas de los organismos, es probable que den lo consideren el único mecanismo que participa en dicha determinación, y difícilmente se cuestionen al respecto a menos que se les plantee el problema de la compleja interacción entre genes y ambiente. Las explicaciones y ejemplificaciones sobre cómo organismos provistos de una dotación genética idéntica pueden presentar variaciones fenotípicas importantes dependiendo del entorno en el que se desarrollan, permiten relativizar el pensamiento reduccionista que muchas veces adoptan los estudiantes al aprender las bases de la genética molecular. Casos como estos son situaciones propicias para que el docente intervenga para problematizar los conocimientos.

Si la elaboración de preguntas y problemas es un motor fundamental de las indagaciones científicas, la formulación de hipótesis constituye 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 estudiantes tendrán oportunidades de:

- cuestionar lo que ven y lo que aprenden, y no aceptar las primeras evidencias como obvias;
- formular preguntas investigativas acerca del tema que se está estudiando y distinguir las 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 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 estudiantes 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 estudiantes a formular nuevos problemas;
- dé oportunidades para que los estudiantes 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 estudiantes los cursos de acción que se propongan para poner a prueba las hipótesis y cuidar 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 a partir de proponer sus propias preguntas, problemas e hipótesis, planteadas no como afirmaciones definitivas provenientes de la autoridad del docente, sino como parte 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 estudiantes 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 estudiantes o el docente y sus hipótesis posibles, se deberá trabajar con los estudiantes el modo de poner estas hipótesis a prueba. En paralelo, dado un experimento actual o histórico, el docente podrá plantear la cuestión de cuál era 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 en elegir una manera de medirla, para dar oportunidades a los estudiantes de evaluar las ventajas y desventajas de los 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 estudiantes para 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 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, y la selección de variables a controlar, como las anticipaciones de resultados y sus interpretaciones pueden ser oportunidades de debate entre los estudiantes 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 estudiantes. Este aspecto debe ser atendido particularmente en la Unidad sobre célula, cuando se observe por el microscopio. Muchas veces se espera que los estudiantes "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.

Del mismo modo durante las observaciones o durante el análisis del desarrollo o de los resultados de los experimentos, los estudiantes 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 estudiantes 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 parte del trabajo será 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. En las situaciones de observación y experimentación los estudiantes 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 estudiantes o presentadas por el docente en relación a una pregunta contestable;
- estimule el intercambio entre los estudiantes 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 estudiantes tendrán que estudiar algunas teorías y modelos (como el modelo de "Eva mitocondrial" para explicar el origen del *Homo sapiens*, los modelos de especiación a partir de una población única y el dogma central de la biología molecular). Las teorías y modelos 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 los fósiles de diferentes homínidos extinguidos o los datos sobre las diferencias en sus volúmenes craneales) con otros no observables, de carácter abstracto o teórico (como la noción de ancestro común o de genes reguladores). 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 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 estudiantes 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 estudiantes ir de la idea teórica al fenómeno y viceversa.

Por último, los estudiantes 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 estudiantes y las que se quieren enseñar, para dar oportunidades de contrastar unas y otras y analizar su correspondencia con los fenómenos; por ejemplo, se pueden seleccionar ejemplos de observables que cuestionen las teorías de los estudiantes para generar la necesidad de reformularlas. En las situaciones de trabajo con teorías los estudiantes tendrán oportunidades de:

- 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 incorporar 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;
- enfoque 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 por medio de las teorías aprendidas;
- comunique a los estudiantes, siempre que sea posible, el contexto en que se elaboraron las ideas teóricas que se enseñan, cuáles son los problemas o preguntas a los que se busca responder 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, dar argumentos para sostenerlas, son habilidades que los estudiantes 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 estudiantes 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, etcétera. Esto, a su vez, favorece que los estudiantes 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 estudiantes, 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 estudiantes y comienza a ser propiedad del conjunto de la clase.

Otras instancias de este tipo aparecen al momento de analizar colectivamente preguntas e hipótesis formuladas por distintos grupos. Los estudiantes 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 para que confronten sus interpretaciones y las enriquezcan a partir de las de otros grupos.

Muchas temáticas en Biología son susceptibles de ser abordadas mediante la búsqueda de información en diferentes fuentes. Si los alumnos han trabajado en grupos buscando información diferente, 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.

Finalmente, las informaciones que circulan en los medios de comunicación referidos a hallazgos científicos relacionados con la biología suelen plantear controversias que involucran no sólo al conocimiento científico, sino también posturas éticas y concepciones personales. El trabajo con estas informaciones es una instancia fecunda para promover que intercambien sus pareceres procurando dar y recibir argumentos válidos. En las situaciones de debate e intercambio de conocimientos y puntos de vista los estudiantes tendrán oportunidades de:

- confrontar sus ideas con sus pares y con el docente;
- aceptar objeciones y revisar sus 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 estudiantes.

ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN

LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Y LA EVALUACIÓN

Al finalizar cada unidad se presentan los Objetivos de aprendizaje de la unidad que especifican los objetivos enunciados anteriormente de manera general. Están expresados en términos de desempeños (justificar, ejemplificar, explicar, relacionar, interpretar o realizar esquemas o gráficos) que se espera que los estudiantes puedan realizar a medida que avanzan en el aprendizaje de los contenidos dentro de cada Unidad y, 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 estudiantes avancen en el sentido deseado, además de las explicaciones que ofrece el docente, o la lectura de textos, es necesario que a lo largo de las clases se les ofrezcan variadas situaciones a partir de las cuales aprendan a analizar ejemplos, describir, justificar, explicar, graficar e interpretar gráficos, en relación con los temas de cada Unidad.

La enseñanza de la Biología requiere, además, ofrecer a los estudiantes variedad de ideas (actuales o históricas), casos, ejemplos, teorías, datos empíricos y debates, 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 en la síntesis que los estudiantes puedan alcanzar, que en la memorización de los casos y ejemplos estudiados.

Así, para que entiendan los mecanismos de expresión genética el docente deberá explicar los mecanismos de síntesis proteica implicados. Sin embargo, el interés del estudio de estos procesos en el marco del enfoque de la materia es comprender que las características biológicas de los organismos están determinadas por el tipo y la cantidad de proteínas que se sintetizan como resultado de la expresión de los genes. 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 que llevan a la síntesis proteica. Para establecer estas distinciones, el docente podrá recurrir tanto a los alcances especificados en las Orientaciones para la enseñanza como a los objetivos de aprendizaje formulados en cada unidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Alberts, Bruce, *Introducción a la Biología celular*. Barcelona, Omega, 2006.
- Aljanati, David, *La Vida y el Universo*. Buenos Aires. Colihue, 1992.
- Astolfi, Jean Pierre, *Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas*. Sevilla, Diada editora, 2001.
- 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.
- Clark, John, *El Cuerpo Humano*. Barcelona, Plaza y Janes, 1992.
- Curtis, Helena; Barnes, Sue; Schnek, Adriana; Massarini, Alicia. *Biología*. Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana, 2008.
- Darwin, Charles, *El origen de las especies: edición abreviada*. Madrid, Debate, 1998.
- 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 y otros, *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid, Morata, 1989.
- Espinoza, Ana; Casamajor, Adriana; Pitton, Egle, *Enseñar a leer textos de ciencias*. Buenos Aires, Paidós, 2009
- Fourez, Gérard, *Alfabetización científica y tecnológica*. Buenos Aires, Colihue, 1998.
- Fumagalli, Laura, *El desafío de enseñar ciencias naturales*. Buenos Aires, Troquel, 1993.
- García Pérez, Francisco y García Díaz, José Eduardo, *Aprender investigando*. Sevilla, Diada editora, 1989.
- Gil, Daniel y otros, *La enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona, ICE Horsori, 1991.
- Giordan, Andre y otros, *Conceptos de biología* (tomo I y II). Madrid, Labor, 1988.
- Gómez i Alemani, Isabel; Prat, Ángels; Jorba i Bisbal, Jaume. *Hablar y escribir para aprender*. Universidad Autónoma de Barcelona, Síntesis, 1998.
- Gould, Stephen, *La falsa medida del hombre*. Barcelona, Crítica, 1997.
- Hasson, Esteban, *Evolución y selección natural*. Buenos Aires, Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, 2005.
- Jiménez Alexandre, María Pilar y otros, *Enseñar ciencias*. Barcelona, Graó, 2003.
- Johsua, Samuel y Dupin, Jean Jaques, *Introducción a la Didáctica de las Ciencias y la Matemática*. Buenos Aires, Colihue, 2005.
- Kaufman, Miriam y Fumagalli, Laura, *Enseñar Ciencias Naturales. Reflexiones y propuestas didácticas*. Buenos Aires, Paidós, 1999.
- Leakey, Richard y Levin Roger, *La sexta extinción*. Barcelona, Tusquets, 1997.
- Lewin, Roger, *Evolución Humana*. Barcelona, Salvat, 1993.
- Lewontin, Richard, *Genes, organismo y ambiente*. Barcelona, Gedisa, 2000.
- Lewontin, Richard; Rose, Steven y Kamin, León, *No está en los genes*. Barcelona, Crítica, 1987.
- Margulis, Lynn y Sagan, Dorion, *¿Qué es la vida?* Barcelona, Tusquets, 1995.
- Massarini, Alicia y Schnek, Adriana, *Biología, Historia de la vida en la tierra*. Buenos Aires, CONICET, Programa Prociencia.
- Mayr, Ernst, *Una larga controversia, Darwin y el darwinismo*. Barcelona, Crítica, 1992.
- Osborne, Roger y Freyberg, Peter, *El Aprendizaje de las Ciencias. Implicaciones de la ciencia de los alumnos*. Madrid, Narcea, 1991.
- Palma, Hector y Wolovelsky, Eduardo, *Imágenes de la racionalidad científica*. Buenos Aires, Eudeba, 2001.
- Papp, Desiderio, *Ideas Revolucionarias en la ciencia* (tres tomos). Chile, Editorial universitaria, 2003.
- Porlan, Rafael (comp.), *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*. Sevilla, Diada editora, 1988.
- Pozo, Juan Ignacio y Gómez Crespo, Miguel Ángel, *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid, Morata, 2000.

- Pozo, Juan Ignacio. *Aprendizaje de la Ciencia y pensamiento causal*. Madrid, Visor, 1987.
- Sagan, Carl y Druyan, Ann, *Sombras de antepasados olvidados*. Barcelona, Planeta, 1993.
- Shayer, Michael y Adey Philip, *La Ciencia de enseñar Ciencias*. Madrid, Narcea, 1984.
- Sutton, Clive, "Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje", en *Enseñanza de las Ciencias*, 21, 2003.
- Villee, Claude A.; Solomon, Eldra Pearl, *Biología*. México, Interamericana, 1996
- Watson, James. *La doble hélice*. Barcelona, Alianza, 2005.
- 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.
- Weissmann, Hilda (comp.), *Didáctica de las Ciencias Naturales. Aportes y reflexiones*. Buenos Aires, Paidós, 1993.

RECURSOS EN INTERNET

DECyE, www.abc.gov.ar

Fundación Atapuerca, www.atapuerca.com

Página de la Exploración Arqueológica de la cueva de Atapuerca, España. Contiene información sobre la evolución humana, la importancia de los hallazgos en las cuevas, descripción de fósiles, herramientas líticas, métodos de estudio, etcétera.

Instituto de Química Biológica, España. http://www.iqb.es/neurologia_003.htm.

Detallado atlas del cuerpo humano, animaciones, monografías, estudios de casos. Para estudio del Sistema Nervioso.

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

