

BIOLOGÍA,
GENÉTICA Y SOCIEDAD
6º AÑO (ES)



ÍNDICE

Biología, genética y sociedad y su enseñanza en el Ciclo Superior de la Escuela Secundaria	83
Mapa curricular	85
Carga horaria	86
Objetivos de enseñanza	86
Objetivos de aprendizaje	86
Contenidos	88
Desarrollo de los contenidos	88
Orientaciones didácticas	102
Orientaciones para la evaluación	103
Los objetivos de aprendizaje y la evaluación	103
Bibliografía	104
Recursos en Internet	105
Películas y documentales	106

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

En la sociedad actual, el conocimiento científico-tecnológico constituye uno de los principales factores del cambio social. Simultáneamente, el acceso a dicho conocimiento se ha convertido en fuente de desigualdades sociales en el interior de cada país, a la vez que acrecienta el distanciamiento entre países centrales y periféricos. En este contexto, la distribución democrática del conocimiento representa una clave para el desarrollo socioeconómico de los países y un aspecto fundamental en la construcción de políticas científicas autónomas.

Así, la formación de los ciudadanos en el conocimiento y el análisis crítico de las principales problemáticas científico-tecnológicas contemporáneas, sus procesos de construcción y sus controversias, es uno de los requisitos fundamentales para posibilitar un mayor protagonismo de toda la sociedad en este campo, ampliando el marco de participación democrática.

La democratización del conocimiento involucra asimismo la incorporación de la idea de "no neutralidad" de la ciencia y la tecnología, entendiendo que sus marcos teóricos y modelos no son universales y que sus aplicaciones no son necesariamente progresivas sino que constituyen resultados contingentes de procesos sociales de construcción, que ocurren en un determinado contexto sociohistórico, cultural y filosófico. En este sentido, este contexto deberá ser tenido en cuenta y analizado en el proceso de enseñanza de la ciencia.

Democratizar el conocimiento científico no significa que todos los ciudadanos conozcan en detalle las últimas y más sofisticadas teorías científicas. Se trata, más modestamente, de garantizar mediante la educación, la posibilidad de acceder al conocimiento necesario y suficiente para discernir sobre las cuestiones que entran en juego en la toma de decisiones personales y al definir políticas en ciencia y tecnología. De este modo, los ciudadanos y ciudadanas pueden optar lúcidamente entre distintas opiniones expertas. Este enfoque tiene un especial significado en el espacio latinoamericano, donde es necesario que la ciencia y la tecnología contribuyan al desarrollo, a la mayor equidad y a la inclusión social, en un marco de sustentabilidad ambiental.

A lo largo de la Escuela Secundaria, los estudiantes han tenido oportunidad de acercarse desde una perspectiva escolar a las principales teorías y metodologías que orientan la investigación biológica, y que dan cuenta del conocimiento que se tiene hasta el momento de los fenómenos asociados a la vida. También abordaron, con una complejidad creciente, problemáticas ligadas a este conocimiento que involucran controversias tanto dentro de la comunidad científica como en la sociedad; y debatieron en torno a ellas con el propósito de desarrollar un pensamiento autónomo que pueda sustentar el futuro ejercicio de una ciudadanía crítica.

Esta materia, la última con contenido biológico de la Escuela Secundaria, tiene el propósito de contribuir a la comprensión de algunos desarrollos más recientes del conocimiento biológico actual vinculándolos con sus contextos de producción y aplicación, con el objeto de favorecer la construcción de un saber funcional para la reflexión sobre problemas complejos que preocupan a la sociedad actual.

En ese sentido, se pondrá énfasis en los procesos de construcción del conocimiento, sus aspectos procedimentales (los modos de conocer en ciencias) y su dimensión ética, considerando el contexto social en que la ciencia y la tecnología son producidas y sobre el que a su vez impactan.

Por esta razón, la enseñanza estará centrada en la problematización de los conocimientos que se enseñan, en relación con sus alcances y limitaciones derivadas tanto de los límites que imponen los marcos teóricos desde los cuales se producen, como de las complejas relaciones que se establecen entre dichas producciones y el contexto social en que están insertas.

Así, el énfasis estará puesto en el *análisis de casos* en los que las aplicaciones del conocimiento biológico provocan fuertes impactos en la vida individual y social de las personas. En el marco de estos análisis, se introducirán o profundizarán los conocimientos biológicos necesarios para una comprensión sustantiva y fundamentada de las problemáticas que se traten. Como parte del estudio de casos, el docente organizará *debates* que incluyan la consideración de dichos conceptos en el contexto de las problemáticas sociales involucradas. Asimismo, promoverá, en conjunto con sus estudiantes, la generación de *proyectos* que impliquen tanto procesos de indagación como elaboración de producciones que den cuenta de los conocimientos alcanzados y puedan ser puestos al servicio de la comunidad, tanto escolar como barrial. Estas producciones podrán ser, por ejemplo, folletos explicativos, organización de un foro para la comunidad, elaboración de un documento o carta de denuncia o pedido de explicaciones, etcétera.

En las Orientaciones para la enseñanza de cada eje se propondrán algunos ejemplos representativos para ser tratados en el análisis de casos, en la organización de debates o en la elaboración de Proyectos. En las Orientaciones didácticas, al final de este documento, se ofrecen algunas reflexiones sobre esta modalidad propuesta para la enseñanza y aprendizaje de esta materia.

MAPA CURRICULAR

Materia	Ejes	Síntesis de los conceptos	Casos sugeridos	Debates sugeridos
Biología, genética y sociedad	Herencia, identificación de personas y filiaciones	ADN y herencia. Genoma humano. El papel de la genética en la historia reciente.	Caso "Grinspon-Logares", de determinación de identidad.	Identidad y determinismo genético
	Clonación y células madre	Reproducción sexual y asexual. Desarrollo embrionario. Clonación: aspectos filosóficos, jurídicos, sociales y éticos.	Caso "Javier Mariscal Puerta", el primer bebé-medicamento. Película: <i>La decisión más difícil</i> .	Reproducción asistida con fines terapéuticos Debates sobre la selección de embriones Derechos sobre disponer del propio cuerpo
	Biotecnología y producción agropecuaria	Aspectos filosóficos, jurídicos, sociales y éticos. Recorrido histórico de la agricultura y la ganadería. Ingeniería genética. Genes estructurales y genes reguladores. Interacciones entre genes. Procesos industriales de producción mediante organismos transgénicos. Biocombustibles. Marcos regulatorios de las actividades biotecnológicas.	El cultivo de soja transgénica resistente al herbicida Glifosato.	Actores, factores, conflictos e intereses en la producción de biocombustibles en América Latina.

CARGA HORARIA

La materia Biología, genética y sociedad corresponde al 6° año de la Escuela Secundaria Orientada en Ciencias Naturales. Su carga horaria es de 108 horas totales; si se implementa como materia anual, su frecuencia será de 3 horas semanales.

OBJETIVOS DE ENSEÑANZA

- Diseñar propuestas de enseñanza en torno a los saberes específicos de la materia que enfatizan el debate acerca del derecho de la ciudadanía a participar en las decisiones que desde los ámbitos científico tecnológicos afectan la vida individual y de la comunidad.
- 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.
- Poner a disposición de los estudiantes casos y situaciones actuales y relevantes vinculadas con el impacto del conocimiento biológico en la vida social y personal; plantear sus principales problemas, los aspectos controvertidos y los distintos puntos de vista existentes para que dispongan de una visión contextual de los mismos.
- Planificar el desarrollo de investigaciones, seminarios, exposiciones de temas científicos y su impacto en lo social, que promuevan una progresiva autonomía en la organización del estudio y alienten el trabajo colectivo con crecientes niveles de responsabilidad y autonomía en la toma de decisiones.
- Incluir entre las actividades académicas aquellas que promuevan el desarrollo de una mirada crítica y autónoma sobre la diversidad de opciones que presenta este campo particular de conocimiento, con el fin de permitir una adecuada elección profesional, ocupacional y de estudios superiores de los adolescentes, jóvenes y adultos que transitan la Educación Secundaria.
- Disponer las medidas organizativas y académicas que promuevan la organización de visitas de los estudiantes a diversas instituciones fuera de la escuela, así como también la visita de investigadores y técnicos a la institución escolar, según lo demande cada proyecto, velando constantemente por el sentido pedagógico y didáctico de estas actividades.
- Modelizar, desde su propia actuación, los modos particulares de pensar y hacer que son propios de la biología. Por ejemplo, el modo de argumentar del docente, el pensamiento en voz alta 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.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Que los estudiantes recorran un trayecto que vaya:

- de percibir las actividades escolares como tareas a cumplir en clase, a concebirlas como parte de un proyecto escolar, con cuyas finalidades están comprometidos, y para el cual deben adoptar las estrategias necesarias para su implementación y desarrollo;
- de desarrollar investigaciones escolares simples, a participar de proyectos de gestión o

investigación de problemáticas reales, complejas y socialmente relevantes, comprendiendo los recortes establecidos y las variables seleccionadas de los distintos campos disciplinares necesarios para su tratamiento;

- de utilizar un lenguaje científico simple para acceder y 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 los modelos científicos que les dan sustento; las relaciones con otros textos leídos o discutidos en clase y con el contexto en que fueron escritos; y las intenciones del autor en relación con las controversias y debates que circundan al tema en cuestión;
- de aceptar modelos y teorías acríticamente, a buscar las evidencias que los sustentan, así como sus alcances y limitaciones, mediante el desarrollo de estrategias adecuadas de indagación en variadas fuentes representativas;
- de identificar a la ciencia, y en particular a la biología, como una actividad que posee autoridad para definir qué está bien y qué no, a comprenderla como actividad humana, con las limitaciones que imponen sus propios modos de construcción, y sujeta a las controversias y conflictos de poder que atraviesan la sociedad en la que se desarrolla;
- de concebir los nuevos desarrollos de la producción científica y tecnológica –en particular a la biotecnología– como conocimientos neutrales e inherentemente progresivos, a valorarlos contextualmente, considerando sus alcances y limitaciones, riesgos y beneficios;
- de aceptar acríticamente las declaraciones y decisiones llevadas a cabo en nombre de la biología, a analizarlas críticamente y buscar activamente formarse juicios autónomos sobre las mismas.

CONTENIDOS

La materia está estructurada en tres ejes relacionados con problemáticas nodales de las ciencias de la vida en la sociedad.

- Eje 1. Herencia, identificación de personas y filiaciones.
- Eje 2. Clonación y células madre.
- Eje 3. Biotecnología y producción agropecuaria.

En cada uno de estos ejes se expone:

- la **Fundamentación** de la problemática a trabajar, que sintetiza los aspectos más relevantes comprendidos en cada uno de los ejes, el estado actual del problema y las principales controversias involucradas;
- las **Orientaciones para la enseñanza**, en las cuales se presentan las posibles maneras de interrelacionar los conceptos [destacados en negritas] y los modos de conocer [destacados en bastardilla], con el propósito de promover un aprendizaje participativo que incorpore la complejidad y permita integrar las múltiples dimensiones de los problemas abordados. Su lectura previa orientará al docente a la hora de interpretar el sentido de los contenidos enumerados;
- la **Síntesis de los contenidos a trabajar**, donde se puntualizan los principales conceptos y modos de conocer comprendidos en cada eje. Asimismo, se sugieren temas para ser tomados como casos y organizar debates en clase;
- los **Objetivos de aprendizaje del eje** son más específicos que los planteados al inicio del documento y sirven de orientación para la evaluación de la enseñanza y el aprendizaje;
- al finalizar cada eje se presenta una **Bibliografía específica** destinada a que el docente pueda encontrar recursos para trabajar con sus estudiantes. Para facilitar esta tarea, cada título propuesto está acompañado de una breve reseña.

DESARROLLO DE LOS CONTENIDOS

Eje 1. Herencia, identificación de personas y filiaciones

Fundamentación

En las últimas décadas, el conocimiento de la genética humana creció enormemente. La citogenética y la genética molecular permitieron perfeccionar métodos de diagnóstico que hoy hacen posible confirmar la sospecha de la presencia de una enfermedad genética en personas con síntomas clínicos característicos. Incluso, es posible detectar alelos afectados capaces de desencadenar la enfermedad en personas sanas pero portadoras de ese alelo y que, a su vez, pueden o no transmitirlos a su descendencia. En los últimos años se hizo evidente también mediante este tipo de estudios que ciertas enfermedades hereditarias son más frecuentes en algunas poblaciones que en otras, y también se han encontrado genes cuya presencia se correlaciona con una predisposición a desarrollar ciertas enfermedades frecuentes en la vida adulta.

Mediante estudios genéticos a nivel molecular también se han perfeccionado técnicas que permiten la identificación y la determinación de la filiación de personas con gran certeza.

Las Abuelas de Plaza de Mayo han desafiado a la genética y a los científicos a encontrar la respuesta a su demanda de encontrar a los niños –sus nietos– apropiados durante la última dictadura militar en la Argentina. Estos niños, hoy adultos, han sufrido entre otros traumas, el ocultamiento de su identidad. Las técnicas de identificación de personas se han ido desarrollando mancomunadamente entre los científicos y un sector de la sociedad comprometido con la verdad y la justicia, atravesando éxitos y dificultades. También han atravesado fronteras, de modo que estas técnicas –claro ejemplo de las estrechas relaciones existentes entre la actividad científica y el contexto social en que se desenvuelve– ahora se ponen en práctica en varios países.

Conjuntamente con sus posibilidades y potencialidades, los actuales modelos y técnicas de la genética nos enfrentan con profundos cuestionamientos éticos. Una gran cantidad de investigadores, preocupados por las consecuencias de una regulación muy laxa en una época fuertemente influenciada por los conocimientos sobre la información genética, han constituido foros y asociaciones abocadas al debate de estas cuestiones, que no sólo intentan promover la discusión a nivel de las altas esferas científicas sino también en otros ámbitos de nuestra sociedad, de manera que se incluyan como parte de las grandes problemáticas de la sociedad actual y su resolución no quede sólo en manos de especialistas. Uno de los debates más significativos se refiere al *determinismo genético*, un enfoque que tiende a generar la falsa idea de que la personalidad, el carácter, los intereses y motivaciones de las personas se deben exclusivamente a los genes.

Esta mirada reduccionista no toma en cuenta que el desarrollo humano es resultado de complejas interacciones entre el genoma y el medioambiente. No hay “genes criminales” ni “genes de la bondad”. La composición genética de un individuo es un aspecto de la identidad que permite reconocer la filiación biológica, pero la identidad genética no es todo, sino que ésta interactúa con las identidades psicológicas, culturales, históricas y sociales del ser humano conformando lo que se entiende por identidad integral.¹

Por otra parte, es necesario considerar que la identificación genética de las personas puede traer aparejados ciertos riesgos vinculados con el uso de la información. Por ejemplo, en casos judiciales de búsqueda de sospechosos de delitos criminales, suele existir la ilusión de que la ciencia está dando una respuesta “objetiva” cuando en realidad siempre se deben tomar decisiones subjetivas, tales como, por ejemplo, el grupo de referencia con el que se va a comparar al acusado. En algunos contextos políticos o culturales, hay ciertos grupos étnicos que *a priori* son tomados como referencia antes que otros, debido a prejuicios imperantes, lo cual puede imprimir un notable sesgo en las conclusiones que se desprendan de los estudios genéticos basados en estos supuestos.

Orientaciones para la enseñanza

En esta unidad se abordarán *los propósitos y las técnicas que permiten analizar el material genético*. Este material genético se encuentra organizado de manera particular en los organismos eucariontes de modo que se comenzará por hacer una *revisión* de estas características

¹ Ver Prólogo de Víctor Penchaszadeh, en *Las abuelas y la genética. El aporte de la ciencia en la búsqueda de los chicos desaparecidos*. Buenos Aires, Abuelas de Plaza de Mayo, 2008.

comunes a todos los eucariontes para sentar las bases para considerar el caso del **genoma humano**. Se propone *retomar* el estudio de los organismos con reproducción sexual, para posteriormente focalizar el análisis en el caso de nuestra especie, estableciendo una relación entre **parentesco genético y mecanismos de herencia** realizando *análisis de genealogías*.

Se abordará también el **papel de la genética humana en la historia reciente**, analizando su contribución en una gran diversidad de campos. Por una parte, en la comprensión de ciertas **enfermedades hereditarias y su diagnóstico** (por ejemplo, la distrofia muscular de Duchenne o la fibrosis quística). Por otra, en la **identificación y filiación de personas** ya sea por reclamo de paternidad o por restitución a la familia de origen, entre otras posibilidades. Como contraparte, se considerará su papel fundante en las políticas discriminatorias basadas en la eugenesia (que significa "buena reproducción") y sus consecuencias sociales, políticas e ideológicas. Entre los múltiples ejemplos, se puede mencionar la política de esterilización obligatoria realizada en Suecia durante 40 años, hasta 1976, a todos aquellos que presentaran defectos físicos o demencia entre otras características, y el Holocausto planificado y organizado por la Alemania nacionalsocialista de Hitler como un programa de exterminio de judíos y otros grupos sociales como eslavos, gitanos o discapacitados.

Para aproximarse a la comprensión de *las técnicas de filiación* se propone *realizar un recorrido histórico* de las técnicas basándose en la bibliografía propuesta que abarque: el análisis de grupos sanguíneos, el uso del principio de reconocimiento de lo propio y ajeno por medio del sistema inmunitario (conocido como Complejo mayor de histocompatibilidad), la utilización de ciertas características del ADN nuclear (variabilidad) como marcadores genéticos, análogos a los códigos de barra de los productos de consumo. También se considerará el análisis del ADN de las mitocondrias que permite establecer líneas de herencia materna y otras técnicas actuales de obtención de ADN, que posibilitan estudiar marcadores genéticos en la saliva y el pelo, lo que evita la extracción de sangre.

Para acercarse al tratamiento de esta información podrán realizarse *análisis e interpretación de datos y de tablas*. También se podrán *analizar e interpretar experimentos y técnicas* propias de la ingeniería genética, tales como las de multiplicación del material genético (PCR) y secuenciación de DNA.

Para el tratamiento contextualizado de este eje temático, se propone la *lectura y discusión de capítulos del libro Las abuelas y la genética*, tomar para su *análisis detallado algún caso* bien documentado de determinación de identidad (por ejemplo: el caso Grinspon-Logares) y hacer una *búsqueda y análisis de noticias de diarios*, dirigidos por el docente. Además, se propone *realizar un debate sobre identidad y determinismo genético para lo cual se podría recurrir a especialistas del campo de la genética –entrevistados por correo electrónico o personalmente– y emplear la bibliografía recomendada*.

Síntesis de los contenidos a trabajar

Conceptos	Modos de conocer
<p>ADN y herencia. El ADN nuclear: estructura y características. El concepto de genoma: el genoma humano. El parentesco genético, mecanismos de herencia. Genealogías.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis e interpretación de datos genéticos referidos al caso tomado como ejemplo. • Análisis e interpretación de tablas de organización de la información. • Análisis e interpretación de técnicas de separación de macromoléculas como la electroforesis en gel, PCR y secuenciación de ADN y proteínas. • Construcción y análisis de genealogías. • Análisis de casos de filiación mediante la lectura de artículos de diario o la consulta a los organismos de derechos humanos. • Debate sobre identidad: aspectos genéticos, históricos y culturales. Análisis crítico del determinismo genético.
<p>El papel de la genética en la historia reciente. Enfermedades hereditarias, diagnóstico y terapias génicas. La identificación de personas, identidad y filiación. Historia de las técnicas para establecer filiación: análisis de grupos sanguíneos; reconocimiento de lo propio y ajeno por medio del sistema inmunitario; variabilidad del ADN nuclear y marcadores genéticos como códigos de barra. ADN mitocondrial; marcadores genéticos en la saliva y el pelo; forma dentaria; uso de técnicas de multiplicación de ADN; secuenciación de DNA; antropología forense.</p>	

Objetivos de aprendizaje del eje

Al finalizar este eje se espera que los estudiantes sean capaces de:

- utilizar los conocimientos sobre estructura y características del ADN para analizar el concepto de genoma humano;
- analizar los patrones de transmisión de enfermedades hereditarias utilizando para ello lo que saben acerca de los mecanismos de la herencia y la interpretación de esquemas de representación de genealogías;
- Utilizar los conocimientos sobre estructura y características del ADN para analizar distintos procedimientos utilizados a lo largo de la historia reciente por la antropología forense para la identificación de personas desaparecidas y en casos judiciales de diversas características;
- Analizar, mediante la lectura de artículos periodísticas, distintos casos de filiación, poniendo en juego los conocimientos adquiridos;
- Leer, analizar y discutir textos que traten sobre la búsqueda y recuperación de la identidad de personas desaparecidas, escrito por los protagonistas, clave de la historia reciente;
- involucrarse en debates que tengan como base la discusión sobre las relaciones entre la identidad genética y la identidad cultural e histórica de las personas, y puedan abordar el análisis crítico del determinismo genético, en la dimensión personal y en episodios históricos.

Bibliografía específica

Las abuelas y la genética. El aporte de la ciencia en la búsqueda de los chicos desaparecidos. Abuelas de Plaza de Mayo, Buenos Aires, 2008. Disponible en <http://www.abuelas.org.ar/material/libros/LibroGenetica.pdf>

Presenta el aporte científico a la lucha de las Abuelas de Plaza de Mayo por restituir a los chicos apropiados durante la última dictadura militar. Desarrolla una introducción a la genética, los primeros contactos de las Abuelas con científicos internacionales, el viaje a Nueva York donde conocen al Dr. Víctor Penchaszadeh; la conformación del primer equipo de filiación y la creación del Banco Nacional de Datos Genéticos. Se presentan además testimonios, documentos e imágenes que muestran el camino recorrido.

Lewontin, Richard, *El sueño del genoma humano y otras ilusiones*. Buenos Aires, Paidós, 2001. En estos nueve ensayos, publicados originalmente en *The New York Review of Books* y dedicados a cubrir la historia de la biología moderna desde Darwin hasta la oveja Dolly, se combinan fuertes críticas a ciertas pretensiones científicas excesivamente ambiciosas, con descripciones del estado en que se encuentra hoy en día el conocimiento científico. Entre los temas que aborda se encuentran la herencia y la selección natural, la clonación y el Proyecto Genoma Humano. Se exponen las falacias y las imposturas de todas las formas de determinismo biológico.

Lewontin Richard, Steven, Rose y Kamin, León, *No está en los genes. Crítica del racismo biológico*. Madrid, Crítica, 1991.

En contraposición a la postura reduccionista acerca de que la naturaleza humana estaría determinada por los genes, estos autores consideran que las propiedades de las partes y de los conjuntos se determinan mutuamente, de modo que las propiedades de las personas no se dan aisladamente, sino que surgen como consecuencia de su vida en sociedad, tratando así de dar una explicación coherente y unitaria del mundo material. Se afirma que el medio ambiente es social, y en este sentido las características individuales son relevantes pero no determinantes en la formación del individuo. Proponen que los individuos hacen, pero también son hechos por la sociedad. Y esta es una teoría social, nunca biológica.

Alzogaray, Raúl, *Una tumba para los Romanov*. Buenos Aires, Siglo XXI, 2004.

El autor aborda con un lenguaje claro, con ejemplos y con historias de detectives, sacerdotes, criminales y familias de la realeza, el uso del conocimiento del ADN para esclarecer un caso histórico: la identificación de los restos de la supuesta familia del último Zar de Rusia.

Eje 2. Clonación y células madre

Fundamentación

Por muchos años, se asumió que una vez que una célula embrionaria animal se diferenciaba y se convertía en alguno de los tipos celulares característicos del individuo adulto, su núcleo generalmente perdía la capacidad de generar un individuo completo. Esto marcaba una diferencia fundamental con ciertos organismos como las plantas, las cuales pueden generar un organismo completo a partir de un fragmento, por ejemplo, una hoja.

La producción de clones de distintas especies animales ha sacudido una de las nociones más arraigadas de la biología del desarrollo: la de la pérdida irreversible de la totipotencialidad en las células diferenciadas. Al mismo tiempo, la caracterización y manipulación de las llamadas "células madre" abrió nuevos horizontes en la comprensión de los procesos regenerativos en animales, particularmente en humanos.

Una célula madre es una célula no especializada que se puede autorrenovar indefinidamente y que además se puede diferenciar dando lugar a células maduras con funciones específicas, como por ejemplo las neuronas. En los seres humanos, las células madre se han identificado en el embrión en un estadio temprano. Sólo el cigoto y los primeros estadios del embrión (cuando se denomina mórula) están constituidos por células madre totipotenciales. En cambio, las células madre pluripotenciales pueden originar todos los tipos celulares del organismo, pero no células placentarias. Son células pluripotenciales las células embrionarias que se encuentran en una zona denominada masa interna del blastocisto, que es el embrión de 150 células que tiene una cavidad. Por su parte, las células madre multipotenciales también pueden dar lugar a diferentes tipos celulares, pero normalmente dentro de un sistema fisiológico, órgano o tejido concreto. Por ejemplo, las células madre sanguíneas pueden dar lugar a todos los tipos celulares que componen la sangre.

En relación con las técnicas de clonación, la obtención de la oveja Dolly –que utilizó la técnica de trasplante nuclear– a partir de un embrión producto de la fusión entre una célula de glándula mamaria y un oocito enucleado tuvo un enorme impacto en la opinión pública. El debate que generó se centró casi exclusivamente en las consecuencias éticas de la posible aplicación de esta técnica a la duplicación de seres humanos, a pesar de que muchos científicos sostienen que la posibilidad de utilizar la clonación para la reproducción humana es remota. Quienes defienden el uso de esta técnica sostienen que aporta conocimientos fundamentales sobre los mecanismos que controlan la proliferación y diferenciación celular y que posiblemente provea importantes aplicaciones en medicina.

La clonación animal se ha aplicado a la reproducción de animales de alto valor comercial, tales como vacas y toros campeones. Mediante la clonación se reproducen con gran eficiencia animales genéticamente modificados; la introducción de un gen adicional a las células donantes antes de efectuar el trasplante nuclear asegura que el embrión, y por consiguiente el animal resultante, llevará este gen en todas sus células.

La técnica de trasplante nuclear también permitiría obtener células embrionarias para el tratamiento de enfermedades humanas como la diabetes, el infarto de miocardio o la enfermedad de Parkinson. En esta aplicación de las técnicas de clonación, denominada "clonación terapéutica", se tomarían células del paciente, las cuales serían fusionadas con un oocito de una donante y así se obtendrían células madre embrionarias capaces de diferenciarse como diferentes tipos de tejidos compatibles con el paciente y que, por lo tanto, no producirían rechazo inmunológico. Experimentos realizados en animales indican que estas células obtenidas de clones pueden originar prácticamente todos los tejidos, lo que podría llevar en un futuro a restaurar la función de ciertos órganos afectados. Quienes defienden la clonación terapéutica señalan que esta técnica constituiría una alternativa éticamente más aceptable para la obtención de células madre (en inglés *stem cells*) que el uso de embriones humanos producto de la fecundación *in vitro*.

La posibilidad de regenerar tejidos a partir del propio organismo o la generación en forma externa ha inspirado el desarrollo de nuevas ramas de la ciencia, como la ingeniería de tejidos y de órganos y la medicina regenerativa. La medicina regenerativa se propone utilizar las propias capacidades regenerativas del organismo humano por medio de su estímulo con factores de crecimiento o del implante de células con alta capacidad de diferenciación en diversos tejidos. Las células adecuadas para llevar a cabo este tipo de procedimientos son las "células madre". En este sentido, la obtención de estas células del cordón umbilical en el momento del nacimiento y su conservación en bancos de células abre nuevos debates. Por un lado, los potenciales beneficios de conservar este material para un autotrasplante, sólo serían accesibles a quienes pudieran solventar su preservación en instituciones privadas. Por otro, la disponibilidad de estos recursos para el conjunto de la población es sostenida por diversos organismos internacionales y nacionales como el Incucai, que promueven un sistema voluntario, altruista y solidario sobre el que se basa el programa argentino de donación de órganos y tejidos.

Por su parte, la investigación en clonación terapéutica en células humanas está sujeta a importantes restricciones éticas y sólo es permitida en algunos países. Muchos sectores de la sociedad han expresado la preocupación de que la autorización para la clonación terapéutica pueda abrir las puertas a la clonación reproductiva. Sin embargo, los científicos involucrados en este tipo de investigación sostienen que hasta el momento no se ha demostrado que un

embrión humano producto del trasplante nuclear sea capaz de desarrollarse hasta producir un nuevo individuo. No obstante, esta afirmación plantea un nuevo interrogante: ¿qué pasaría si se sortearan esos obstáculos?

Uno de los temores que surgen es el de la posibilidad de crear un "ejército homogéneo de clones" con ciertas características seleccionadas según distintas finalidades (la producción, la guerra), que pueda someterse a la voluntad de otros seres humanos. Esta idea no concuerda con las nociones establecidas por la biología del desarrollo. Aun cuando se resolvieran los enormes impedimentos técnicos que trae aparejada la técnica de clonación y se logran evitar las eventuales patologías que hasta ahora se han observado en los clones, estos hipotéticos clones humanos exhibirían el mismo tipo de diferencias que surgen entre cigotos genéticamente idénticos durante el desarrollo embrionario por azar (llamadas "ruidos" del desarrollo); así como aquellas particularidades que se establecen durante la vida de cada individuo por interacción con el medio ambiente, la cultura, la historia personal.

Por otra parte, estos individuos clonados, probablemente tendrían muy diversas características –buenas y malas– del mismo modo que las personas "comunes". Por lo tanto, no es posible pensar en multiplicar personas "a la medida" de un único fin. Sin embargo, no se deben subestimar los temores y las críticas. Es importante reflexionar profundamente acerca de las posibles consecuencias del uso de la clonación, y garantizar que los ciudadanos participen en la construcción de un marco legal apropiado que regule las modalidades y alcances de las prácticas vinculadas con la aplicación de estas técnicas.

Orientaciones para la enseñanza

En este eje se retomarán los conceptos básicos referidos a la reproducción celular en los organismos pluricelulares, como forma de generación de tejidos. El docente deberá explicar los principios del desarrollo de embriones a partir de lo cual se abordarán los conceptos de **totipotencialidad**, **pluripotencialidad** y **multipotencialidad** y *mediante análisis de gráficos, esquemas y videos* se introducirá el concepto de **células madre**. Esto dará la oportunidad de *analizar* los **distintos tipos de tejidos** que se diferencian en el proceso de desarrollo.

Mediante la interpretación de experimentos modelo (por ejemplo, el de la clonación de la oveja Dolly) y *de artículos de divulgación y experiencias de clonación con plantas* se recorrerá la **historia de la clonación** y se *analizará la historia de la legislación en diversos países (para lo cual se podrá hacer un rastreo en Internet)*. A partir del caso de la oveja Dolly, se *analizarán* los debates actuales y el estado de la investigación de la clonación y las terapias con células madre, sus alcances, sus limitaciones y las posibilidades que brindan a la medicina regenerativa. En particular, uno de los más recientes debates sobre este tema se refiere a la preservación de células de cordón umbilical, su conservación en instituciones privadas o públicas y los derechos individuales y colectivos al uso de ese material. Se propone *profundizar el debate mediante la lectura de material bibliográfico específico y consultas a especialistas*.

También se puede *analizar el caso* de los bebés concebidos por fecundación in vitro para donar sus células o tejidos a sus hermanos mayores. Un ejemplo es el de Javier Mariscal Puerta, el primer bebé-medicamento concebido para ser 100% compatible con su hermano Andrés, de siete años que sufría una beta Talasemia. Un caso de este tipo se discutió en España y también se presenta como ficción en la película *La decisión más difícil* [citada en Bibliografía, p. 106].

Síntesis de los contenidos a trabajar

Conceptos	Modos de conocer
<p>Reproducción sexual y asexual.</p> <p>Desarrollo embrionario. Distintos tipos celulares. Células madre: totipotencialidad, pluripotencialidad y multipotencialidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretación de experimentos modelo como los que sintetizan el procedimiento para la clonación de la oveja Dolly. Interpretación de esquemas y gráficos que describen la técnica. • Interpretación de videos sobre división celular, diversos estadios del embrión y formación de tejidos.²
<p>Clonación. Fundamentos de la técnica. Historia de la clonación de organismos: clonación vegetal, clonación animal, clonación terapéutica, clonación de organismos transgénicos con fines productivos. Medicina regenerativa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda y análisis de noticias periodísticas y de artículos de divulgación • Análisis de legislaciones sobre el uso de células madres y clonación en humanos de diversos países. Indagación sobre el estado de la investigación.
<p>Aspectos filosóficos, jurídicos, sociales y éticos. Marco legal y regulatorio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Consulta con especialistas en forma presencial o por medio de Internet sobre problemas éticos actuales (por ejemplo, la conservación de células madre procedentes de la sangre del cordón umbilical o el de los "bebés medicamentos"), y participación en debates. • Discusión y debate de películas como <i>La decisión más difícil</i>. • Realización de experiencias: obtención de callos a partir de diferentes partes de plántulas y micropropagación de plántulas.

Objetivos de aprendizaje del eje

Al finalizar este eje se espera que los estudiantes sean capaces de:

- utilizar los conceptos de reproducción y desarrollo para reconocer los distintos tipos celulares;
- reconocer y distinguir las características de totipotencialidad, pluripotencialidad y multipotencialidad de las células madre;
- analizar el significado del término clonación y los fundamentos de las distintas técnicas utilizadas a lo largo de la historia;
- interpretar experimentos modelo de clonación;
- interpretar los aspectos filosóficos, jurídicos, sociales y éticos que giran en torno a la clonación;
- analizar críticamente noticias periodísticas y videos sobre el tema;
- involucrarse en debates que tengan como base la discusión sobre la conservación de células madre, la clonación con fines terapéuticos y la clonación de animales con fines vinculados a la producción de alimentos y fármacos.

² Consultar en http://www.cdb.riken.go.jp/en/05_development/0505_stemcells04.html

Bibliografía específica

Sommer, Susana, *Genética, clonación y bioética. Cómo afecta la ciencia nuestras vidas*. Buenos Aires, Biblos, 1998.

Presenta una descripción clara y bien documentada sobre los hechos científicos médicos relevantes que posteriormente serán sometidos a una reflexión bioética. La autora expone los conceptos centrales de la genética, la terapia genética y la investigación científica en este campo, y el Proyecto Genoma Humano. En los temas relacionados con las nuevas formas de procreación y el diagnóstico prenatal, la perspectiva de análisis ético se hace más explícita.

Testart, Jacques y Godin, Christian, *El racismo del gen*. México, Fondo de Cultura Económica, 2002. Diálogo entre el filósofo Christian Godin y el investigador Jacques Testart, "padre científico" del primer bebé de probeta francés y, en años más recientes, autor de polémicos libros que alertan sobre el potencial antidemocrático –incluso totalitario– que entraña el desarrollo de la biomedicina. Este libro constituye una advertencia en torno al peligro de que las implicaciones de la ciencia sigan confinadas a la discusión entre expertos. Con un tono claro, invita a pensar en la importancia de que los ciudadanos defiendan su derecho a intervenir en las decisiones sobre estos desafíos éticos de la sociedad.

Fox Keller, Evelyn, *El siglo del gen. Cien años de pensamiento genético*. Madrid, Península, 2004

Evelyn Fox Keller, doctora en física de la Universidad de Harvard y profesora de historia y filosofía de la ciencia en el MIT, desarrolla un interesante y agudo análisis del desarrollo histórico de la genética, desde su creación como campo a principios del siglo XX hasta la actualidad. En su mirada se integran diversas dimensiones del problema analizado: los alcances y limitaciones de los modelos de la genética en cada etapa, sus relaciones con otras ramas del conocimiento biológico, sus aspectos controversiales, el contexto histórico y cultural en que fueron concebidos, su dimensión epistemológica, sus improntas y consecuencias políticas e ideológicas. Es una puesta en práctica de un enfoque constructivista, que permite dimensionar la naturaleza social de los modelos de la ciencia y comprender sus procesos de construcción, sus actores y sus contextos.

Eje 3. Biotecnología y producción agropecuaria

Fundamentación

Los Organismos Genéticamente Modificados (OGM) son bacterias, hongos, plantas o animales a los que se les ha introducido uno o más genes extraños por medio de técnicas de ingeniería genética. La modificación genética se realiza con el objetivo de que estos organismos produzcan proteínas de interés industrial o con el propósito de modificar determinados rasgos, como la resistencia a plagas, la calidad nutricional, la tolerancia a heladas, entre otros. La producción y el consumo de OGM han enfrentado a distintos sectores de la sociedad que difieren en su opinión sobre las ventajas y los riesgos de su uso.

Algunos científicos que promueven la creación y el uso de OGM opinan que las técnicas usadas en ingeniería genética no difieren sustancialmente de las técnicas de hibridación entre organismos de distintas especies que se han llevado a cabo por siglos en el mejoramiento vegetal para el cultivo o la obtención de mejores razas de ganado. Otros, en cambio, consideran que las manipulaciones del genoma que se realizan en los laboratorios de biología molecular –corte, modificación e inserción de secuencias de DNA extrañas en diversos organismos de interés comercial– son radicalmente diferentes a los procedimientos tradicionales.

Quienes consideran que hay una continuidad entre las técnicas convencionales de mejoramiento y la construcción de OGM, desestiman la existencia de riesgos adicionales asociados a

las nuevas tecnologías. Por su parte, quienes consideran que existe una diferencia sustancial entre ambos tipos de procedimientos, manifiestan su preocupación por la falta de control que existe sobre los organismos que contienen genes introducidos, dado que, además de los efectos buscados, estos genes podrían producir cambios no detectables o impredecibles en las especies modificadas. Esta advertencia se sustenta en el conocimiento actual de la genética que indica que el genoma funciona como un todo integrado y que los genes y sus productos interactúan de maneras complejas. En ese sentido, los genes introducidos podrían modificar la expresión de otros, de modo que se sinteticen nuevas proteínas de manera impredecible, que puedan resultar tóxicas o alergénicas para los consumidores de alimentos elaborados a partir de organismos transgénicos.

Por otra parte, desde una perspectiva ecológica y evolutiva, algunos especialistas y ONGs advierten que las especies genéticamente modificadas liberadas al medio ambiente pueden transmitir sus genes a especies silvestres emparentadas o a variedades no transgénicas del mismo cultivo. La consideración de que pueda ocurrir este proceso, denominado "escape genético" o "contaminación genética" sería de gran impacto dada su irreversibilidad. Por ejemplo, la incorporación de un gen de resistencia a un herbicida permite eliminar las malezas de un cultivo mediante el uso de este herbicida, sin afectar a la planta de interés comercial. Pero si este gen pasara de esa planta de importancia económica a una maleza provocaría el efecto opuesto al buscado y podría tener consecuencias desastrosas.

Ante estas opiniones, los defensores de los OGM sostienen que los cambios genéticos realizados en las especies transgénicas son definidos y conocidos, algo que no ocurre en las variedades híbridas obtenidas por métodos tradicionales, en las que estos cambios se generan al azar. Resaltan, además, que las ventajas de estos cultivos como el mejoramiento nutricional y productivo de las variedades modificadas conllevan un beneficio para la sociedad. Sin embargo, algunos científicos, especialistas y ONGs replican que ninguno de los cultivos transgénicos que actualmente se comercializan presentan ventajas para los consumidores, sino que han sido diseñados para maximizar las ganancias de los productores.

Con respecto a los alérgenos, uno de los argumentos más frecuentemente utilizados en defensa de los OGM es que el riesgo de que una proteína no deseada –resultado de la manipulación de las técnicas de ingeniería genética– produzca una reacción alérgica en humanos, no es mayor que la de un producto presente en organismos obtenidos por prácticas de agricultura tradicionales. Asumiendo este criterio, los defensores sostienen que la potencialidad de generar una nueva variedad con componentes alérgicos debe ser exhaustivamente evaluada en todas las variedades, sean genéticamente modificadas o no.

Finalmente, frente a la posibilidad de que los cambios genéticos introducidos en los OGM sean transmitidos a especies silvestres al ser liberadas al campo abierto, los defensores aseguran que las pruebas de liberación controlada por las que deben pasar los OGM son suficientes para evitar la difusión descontrolada de genes. Sin embargo, el problema de la evaluación y control de los OGM es complejo, ya que se advierte una notable desproporción entre la enorme masa de investigación, tanto pública como privada, destinada al desarrollo de nuevos OGM y la escasa cantidad de investigaciones independientes que apunten a evaluar el impacto y los riesgos sociales, ambientales y sanitarios de la introducción de estas tecnologías y sus productos.

Otra problemática vinculada es la de los llamados “biocombustibles” que pueden elaborarse a partir de una gran variedad de cultivos, como la soja, el maíz, la caña, la palma de aceite, la remolacha y la semilla de colza y de girasol. Su producción y utilización es también un tema de debate ya que se considera que tienen impactos ambientales tanto negativos como positivos. Los impactos negativos hacen que, a pesar de ser una energía renovable, no sea considerado por muchos expertos como una energía no contaminante. Pese a que en las primeras producciones de biocombustibles sólo se utilizaban los restos de otras actividades agrícolas, con su generalización y fomento en los países desarrollados, muchos países subdesarrollados están destruyendo sus espacios naturales, incluyendo selvas y bosques, para crear plantaciones para biocombustibles.

Al mismo tiempo, se ha advertido la posibilidad de que, dado que en este caso la normativa es mucho más flexible que para el caso de los cultivos destinados para consumo humano, las normas ambientales podrían relajarse, incrementándose los riesgos de propagación y contaminación de especies manipuladas. Asimismo, algunos expertos advierten que conforme se vaya incrementando la necesidad de biocombustibles en el planeta, se establecerá una competencia por la tierra fértil disponible dedicada a la agricultura para consumo humano, lo cual puede generar el incremento de los precios de los alimentos.

Más allá del debate acerca de los riesgos específicos asociados a los cultivos transgénicos o a la producción de biocombustibles, el modo de producción de la agricultura industrial empleado en estos casos involucra otros problemas no menos relevantes. El cultivo extensivo de una única variedad particularmente rentable puede conducir a la pérdida de variedades locales, al agotamiento de los suelos, al uso intensivo de agroquímicos que contaminan el ambiente y afectan la salud humana y a la extensión de la frontera agropecuaria sobre ecosistemas naturales, con la consecuente pérdida de biodiversidad.

Las aplicaciones de las tecnologías del ADN recombinante para la producción de nuevas variedades de cultivos transgénicos, así como la problemática de los biocombustibles constituyen problemáticas complejas, cuya discusión no puede restringirse a la evaluación de argumentos científico-técnicos, sino que debe incorporar la consideración del impacto económico, social, ambiental y en la salud humana, así como el marco jurídico, ético y político en que se inscribe el problema.

A la hora de evaluar críticamente las distintas posiciones en juego, debe tenerse en cuenta que los actores involucrados –empresas de biotecnología, productores agropecuarios, ONGS, comunidad científica, ciudadanos como sujetos políticos y consumidores, y el propio Estado– constituyen una trama diversa e intrincada que no siempre resulta visible en los debates. La posibilidad de que los ciudadanos participen activa y concientemente en la toma de decisiones en relación con estos problemas que afectan al conjunto de la sociedad y comprometen el destino de futuras generaciones, depende de la posibilidad de acceder a una comprensión integral del problema, que considere todas sus dimensiones y las diversas escalas temporales y espaciales.

Orientaciones para la enseñanza

En este eje se hará un *recorrido histórico* de las modalidades empleadas para la domesticación, la obtención de nuevas razas y variedades y la optimización del rendimiento de plantas y animales silvestres en la agricultura y la ganadería desde sus orígenes, su diversidad en diferentes culturas, en diferentes espacios y tiempos. Se analizarán los **métodos tradicionales de mejoramiento animal y vegetal** y los actuales **métodos de la ingeniería genética**. Para ello se analizarán mediante

modelos las principales **herramientas y técnicas del ADN recombinante** y sus aplicaciones a la producción. *Se considerarán los aspectos científico-técnicos de los modelos de la biotecnología contemporánea y sus aplicaciones tanto en la **producción industrial de proteínas recombinantes mediante oGM**, como en el **cultivo o cría en gran escala de oGM en sistemas abiertos**.*

A partir del *análisis de casos concretos*, tales como el monocultivo de **variedades transgénicas** o la **producción de biocombustibles** en gran escala, *se explorarán las diversas dimensiones involucradas en este tema*, en contextos sociales determinados. En particular, *el análisis del caso del cultivo de la soja transgénica resistente al herbicida Glifosato (Soja RR) en Argentina*, es especialmente ilustrativo para analizar esta problemática. El análisis de la producción extensiva de cultivos para la fabricación de biocombustibles es otro caso significativo que podría complementar el desarrollo de este eje.

Para el análisis de los **aspectos ecológicos y evolutivos** se deberá *recurrir a los marcos conceptuales y modelos de la ecología y la biología evolutiva*, integrando así el análisis del nivel molecular de la biotecnología con los diferentes niveles de complejidad que comprende el mundo biológico. Los **aspectos históricos, económicos, sociales y éticos** serán abordados desde una perspectiva plural, que permita a los estudiantes *iniciarse en el debate ciudadano* sobre las controversias que involucran estos temas, *identificar los actores, factores, conflictos e intereses en juego y desarrollar opiniones fundadas*.

El debate en relación con este eje podrá centrarse en la controversia en torno a los impactos ambientales y sociales del modelo de cultivo extensivo de soja RR en Argentina o de la producción de biocombustibles en América Latina.

Síntesis de los contenidos a trabajar

Conceptos	Modos de conocer
<p>Recorrido histórico de la agricultura y la ganadería. Tecnologías tradicionales de mejoramiento de cultivos y animales para el consumo humano. La introducción de la ingeniería genética en la producción. Concepto de OGM.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretación de experimentos y modelos referidos a las principales técnicas tradicionalmente empleadas para el mejoramiento de cultivos y las actuales técnicas empleadas por la ingeniería genética. • Búsqueda y análisis de artículos periodísticos y de divulgación. • Análisis de legislaciones de diversos países sobre OGM y biocombustibles. Indagación sobre el estado de la investigación. • Participación en debates sobre problemas actuales tales como: "Ventajas y riesgos asociados a los métodos tradicionales de mejoramiento animal y vegetal, y a los actuales métodos de la ingeniería genética en nuestra región: el caso de la soja transgénica RR"; "Ventajas, desventajas y riesgos asociados a la producción de biocombustibles en los países del Mercosur". • Análisis crítico de argumentos de diferentes fuentes. Identificación de la trama de actores involucrados y de sus conflictos de intereses. Consulta a especialistas.
<p>Ingeniería genética. Genes estructurales y genes reguladores. Interacciones entre genes. Tecnologías del ADN recombinante. Enzimas de restricción. Vectores para el transporte de secuencias del ADN. Obtención de proteínas recombinantes.</p>	
<p>Procesos industriales de producción mediante organismos transgénicos. Bacterias, animales y plantas transgénicas: métodos de obtención y usos potenciales. Introducción de organismos transgénicos en sistemas abiertos. Concepto de escape genético.</p>	
<p>Biocombustibles. Fundamentos y métodos de obtención. Ventajas, desventajas y riesgos de su producción y uso en nuestra región.</p>	
<p>Marcos regulatorios de las actividades biotecnológicas. Aspectos sanitarios, ecológicos y evolutivos. Aspectos económicos, sociales y éticos. Principales debates en torno a esta problemática a nivel internacional, regional y nacional.</p>	

Objetivos de aprendizaje del eje

Al finalizar este eje se espera que los estudiantes sean capaces de:

- conocer y comprender las principales tecnologías del ADN recombinante, sus aplicaciones actuales y potenciales;
- modelizar procedimientos tales como la obtención de organismos portadores de transgenes mediante técnicas de ADN recombinante;
- utilizar el conocimiento de la historia de la agricultura y la ganadería para situar y comparar contextualmente las tecnologías y modalidades productivas disponibles actualmente y analizar el problema en diferentes escalas temporales y espaciales;
- conocer las diferentes dimensiones involucradas en el análisis de la producción y cultivo de organismos transgénicos: ecológica, evolutiva, económica, social, jurídica y ética y comprender sus relaciones;
- reconocer la existencia de conflictos de intereses que involucran una multiplicidad de actores en problemáticas tales como el cultivo extensivo de OGM o la producción de biocombustibles;
- desarrollar un pensamiento autónomo que sustente la toma de posición frente a estas problemáticas, integrando el conocimiento científico-técnico y el sociohistórico en un marco que incorpore valores tales como la equidad, la justicia, la inclusión social, la sustentabilidad ambiental y la solidaridad con las futuras generaciones;

- analizar críticamente materiales periodísticos y textos de divulgación referidos a OGMs, bio-combustibles y diversos problemas vinculados con las aplicaciones de la biotecnología;
- participar en debates, foros e intervenciones comunitarias que permitan ejercitar prácticas de participación ciudadana, con opiniones fundadas.

Bibliografía específica

Folgarait, Alejandra, *Manipulaciones genéticas*. Buenos Aires, Norma, 1992.

Se reseñan, en un lenguaje accesible, las principales técnicas empleadas por la ingeniería genética. Analiza aspectos económicos, éticos, legales y sociales involucrados en la investigación y la producción en este campo.

Robin, Marie Monique, *El mundo según Monsanto*. Madrid, Península, 2009.

La autora, una periodista de investigación francesa, explora paso a paso los procesos de introducción en el mercado de los cultivos transgénicos, a partir de entrevistas con los diferentes protagonistas involucrados: empresas, funcionarios de gobierno, agricultores, investigadores y consumidores.

ORIENTACIONES DIDÁCTICAS

Para la enseñanza de la materia, el docente tomará en consideración que muchos de los conceptos abordados ya han sido enseñados en años anteriores con niveles menores de complejidad y especificidad. Es por eso que hará permanente referencia a aquellos conocimientos que los estudiantes ya saben, promoviendo una reflexión sobre ellos y poniendo en evidencia la "novedad" que representa lo que están aprendiendo.

Por ello se recomienda a los docentes releer los Diseños curriculares de Biología de 2° a 5° año, especialmente las Orientaciones para la enseñanza en las que se despliegan un conjunto de ejemplos y casos que, seguramente, los estudiantes han tenido oportunidades de trabajar durante los años anteriores. Tener en cuenta los estudios previos de los estudiantes y los contextos en los que se han llevado a cabo, favorecerá que los docentes, en el marco de sus planificaciones, puedan establecer puentes entre lo que los estudiantes saben y lo que tienen que aprender.

Como ya se expresó, la estructura de esta materia se sustenta en el *estudio y análisis de casos*. Este enfoque constituye una estrategia particularmente fértil para el tratamiento de temas y problemas actuales que involucran diversos actores e intereses. Cuando los casos considerados están bien seleccionados se ve favorecida la comprensión de los temas que los mismos encierran, ya que no solo contribuyen a la apropiación de nuevos conocimientos sino que, cada caso en sí mismo constituye un nuevo conocimiento. No se trata solamente de elegir una estrategia que hace más vívida o comprensible la enseñanza, sino de estimular el pensamiento crítico y la reflexión. Al elegir un caso para el tratamiento de un tema en una disciplina o área, se involucran cuestiones de otras disciplinas o áreas y, por lo tanto, estos casos son esencialmente interdisciplinarios.

Los seleccionados para este Diseño Curricular encierran y plantean problemas verdaderos, e involucran debates y situaciones problemáticas de difícil o compleja resolución. Por ello, el propósito no es resolverlos, sino poner en práctica una estrategia que permita abordar los temas en toda su complejidad, favorecer el reconocimiento de los interrogantes y conflictos más relevantes y contribuir a la formación de un juicio crítico conciente y fundado.

La organización de *debates en clase* constituye una instancia sumamente enriquecedora para la formación de los estudiantes, ya que tendrán que aprender a preparar sus argumentos y sostenerlos, escuchar y considerar los argumentos de sus compañeros, admitir deficiencias posibles en los propios y buscar nuevos o, eventualmente, abandonar su postura reconociendo su inconsistencia. Para que esta resulte una actividad formativa, el contenido del debate deberá ser significativo en el sentido de que los estudiantes reconozcan el valor de debatir en torno de él, y que dispongan de las herramientas conceptuales para prepararse para el mismo.

La preparación para el debate deberá incluir la consulta a distintas fuentes: libros específicos, de divulgación, Internet, entrevistas a especialistas, funcionarios y otros miembros de la comunidad. También incluirá el aprendizaje de distintas estrategias para organizar y comunicar aquellos datos que formen parte de sus argumentaciones. Tanto los procesos de búsqueda

como los de organización de la información incluyen la utilización de las Nuevas Tecnologías de la Información y la Conectividad. Se sugiere en este sentido consultar el Diseño Curricular de esta materia de 4º año.

En relación con el desarrollo de *proyectos*, es importante que su formulación, diseño y ejecución se realice en conjunto y con la participación activa de los estudiantes. Se podrá elaborar un único proyecto para todo el curso, y organizar la clase de manera que los distintos grupos asuman responsabilidades en función del buen desarrollo del mismo. También, si el contexto lo permite, los distintos grupos de estudiantes podrán encarar proyectos diferentes que podrán luego compartir con el resto de la clase. En cualquier caso, la participación de los estudiantes en los mismos deberá fortalecer –además de las habilidades de indagación y comunicación de la información mencionada en el caso de los debates– los saberes relativos a la organización y realización autónoma de las tareas, y la colaboración y el compromiso personal en función de las finalidades del proyecto colectivo. Por ello, es fundamental que al momento de definir un proyecto, los estudiantes hayan tenido oportunidad de trabajar previamente en clase, y con la orientación del docente, un universo amplio de conceptos, procedimientos y problemáticas asociados al mismo.

ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN

LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Y LA EVALUACIÓN

Al finalizar cada eje de este Diseño se presentan objetivos de aprendizaje que especifican los Objetivos de aprendizaje desarrollados anteriormente de manera general. Los Objetivos de aprendizaje de cada eje 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 y, en este sentido, sirven de orientadores tanto para la enseñanza como para la evaluación de los aprendizajes. La manera en que están formulados apunta a que la evaluación ponga más el acento en las generalizaciones y síntesis conceptuales que los estudiantes puedan alcanzar, que en la memorización de los casos y ejemplos estudiados.

En relación con la enseñanza, para que los estudiantes avancen en el sentido deseado, no basta con que hayan estado “expuestos” a los conceptos mediante explicaciones o lecturas, sino que es necesario que a lo largo de las clases hayan tenido oportunidad de pasar por varias instancias en las cuales hayan aprendido a analizar ejemplos, describir, justificar, explicar, graficar e interpretar gráficos, entre otros, en relación con los temas de cada eje.

Por eso, al especificar los *conceptos* –en el cuadro desarrollado en Síntesis de los contenidos a trabajar– se hace una distinción entre aquellos que son centrales (en negritas) y, a continuación, las ideas que deberán trabajarse para que los estudiantes puedan comprender esos conceptos. A su vez, se especifican los *modos de conocer* que establecen aquello que los alumnos deben aprender a hacer para acceder a estos conocimientos. Las orientaciones para la enseñanza, por su parte, buscan ofrecer al docente estrategias y sugerencias para trabajar los contenidos del eje, en concordancia con los objetivos de aprendizaje planteados para la misma

BIBLIOGRAFÍA

Bruce, Alberts; Dennis, Bray; Hopkin, Karen; Johnson, Alexander; Lewis, Julian; Raff, Martin; Roberts, Keith y Walter, Peter, *Introducción a la Biología Celular*. Madrid, Médica Panamericana, 2006.

Este libro pone un renovado énfasis en los genomas y una visión global de la secuencia del genoma humano. Contiene nuevos capítulos sobre la evolución de los genes y los genomas y genética, meiosis y bases moleculares de la herencia. Contiene secciones sobre temas de gran interés y actualidad como las células madre, la clonación, y la muerte celular programada.

Campbell, Neil y Reece, Jane, *Biología*. Buenos Aires, Médica Panamericana, 2007.

Un libro de biología general muy completo, con buenas imágenes y recursos didácticos.

Curtis, Barnes y Schnek, Massarini, *Biología*. Buenos Aires, Médica Panamericana, 2008.

Un libro de biología general que incorpora temas y ejemplos relevantes de la ciencia en la sociedad.

De Robertis, Eduardo (h); Hib, José, *Fundamentos de biología celular y molecular*. Buenos Aires, El Ateneo, 2004.

Esta obra, cuyas primeras ediciones fueron realizadas por el Dr. Eduardo De Robertis, profundiza sobre conceptos de biología celular y molecular.

Díaz, Alberto y Golombek, Diego (comps). *ADN, 50 años no es nada*. Buenos Aires, Siglo XXI Editores, 2004.

Este libro celebra el aniversario de la descripción de la estructura del ADN y repasa lo acaecido en la ciencia desde el siglo XX hasta el presente.

Gilbert, Scott, *Biología del desarrollo*. Buenos Aires, Médica Panamericana, 2005.

Un texto básico pero muy completo sobre el desarrollo animal. Explora fenómenos a nivel orgánico, celular y molecular, así como los aspectos médicos, ambientales y evolutivos de la biología del desarrollo.

Lewin, Benjamin, *Genes VIII*. New Jersey, Prentice Hall, 2004.

Este clásico texto universitario suministra una excelente actualización de la estructura y función de los genes. Analiza con una visión fundamentalmente molecular la biología de procariontes y eucariontes y aborda con profundidad temas como la perpetuación del material genético y su expresión.

Lodish, Harvey; Darnell, James; Berk, Arnold; Zipursky, Lawrence; Matsudaira, Paul y Baltimore, David, *Biología molecular de la célula*. Madrid, Médica Panamericana, 2005.

Un tratamiento profundo de la biología celular moderna, ricamente ilustrado con diagramas y fotomicrografías. Incluye un CD-ROM interactivo en inglés.

Nelson Davis, Cox Michael, *Lehninger Principles of Biochemistry*. New York, WH Freeman, 2004.

Un texto introductorio ya clásico. Presenta los fundamentos de la bioquímica a través de temas seleccionados e incorpora los descubrimientos más recientes, que incluyen regulación metabólica, tecnologías de DNA y nuevas aplicaciones médicas.

Pierce, Benjamín, *Genética. Un enfoque conceptual*. Madrid, Médica Panamericana, 2005.

Introduce los conceptos y la mecánica de la genética de una manera general.

Real, Marco Aurelio, *Genoma humano. La ingeniería genética y sus posibles cambios*. Buenos Aires, Lajouane, 2008.

Rifkin, Jeremy, *El siglo de la biotecnología*. Barcelona, Crítica, 1999.

El autor del celebrado *best-seller El fin del trabajo* se embarca en un polémico libro sobre las consecuencias que la biología y la genética molecular tendrán sobre la humanidad. Desde los animales y plantas transgénicas hasta la fabricación de órganos "de repuesto".

Sulston, John y Ferry, Georgina, *El hilo común de la humanidad: una historia sobre la ciencia, la política, la ética, y el genoma humano*. Buenos Aires, Siglo XXI, 2003.

John Sulston, premio Nobel de Medicina 2002 y uno de los máximos responsables del proyecto genoma humano, junto con Georgina Ferry abordan el tema de la secuencia del genoma humano, un año después de haberse completado ¿somos capaces de comprender el dilema ético y las consecuencias de su propiedad y uso?, ¿cambiará nuestra vida y manera de entendernos?

Watson, James; Baker, Tania; Bell, Stephen; Gann, Alexander; Levine, Michael y Losick, Richard, *Biología Molecular del gen*. Madrid, Médica Panamericana, 2006.

Esta edición, si bien conserva su filosofía original, es decir describir de manera clara y sencilla qué son los genes y cómo funcionan, refleja los avances espectaculares ocurridos en esta disciplina desde la última edición.

RECURSOS EN INTERNET

DGCyE, <http://abc.gov.ar/>, sitio consultado en septiembre de 2011.

Ciencia hoy, <http://www.ciencia-hoy.retina.ar/indice.htm>, sitio consultado en septiembre de 2011.

Discover, <http://www.discover.com>, sitio consultado en septiembre de 2011.

Investigación y Ciencia, <http://www.investigacionyciencia.es>, sitio consultado en septiembre de 2011.

Natural History, <http://www.naturalhistorymag.com>, sitio consultado en septiembre de 2011.

Nature, <http://www.nature.com>, sitio consultado en septiembre de 2011.

New Scientist, <http://www.newscientist.com/>, sitio consultado en septiembre de 2011.

Science, <http://www.sciencemag.org>, sitio consultado en septiembre de 2011.

Scientific American, <http://www.sciam.com>, sitio consultado en septiembre de 2011.

The Scientist, <http://the-scientist.com>, sitio consultado en septiembre de 2011.

Center for Developmental Biology,

http://www.cdb.riken.go.jp/en/05_development/0505_stemcells04.html, sitio consultado en septiembre de 2011.

Libros

Editorial Médica Panamericana, www.curtisbiologia.com

Contiene material en español, con recursos para el docente y para los estudiantes. Es de libre acceso para los docentes previo registro. Sitio consultado en septiembre de 2011.

Editorial Médica Panamericana, <http://www.medicapanamericana.com/campbell/>

Interesante material, en inglés. Acceso para el docente con registro previo. Sitio consultado en septiembre de 2011.

Recursos en inglés

Office of History, <http://history.nih.gov/exhibits/genetics>

Presenta en forma simple y didáctica temas como las bases de la herencia, la ingeniería genética, la terapia génica y el Proyecto Genoma Humano. Analiza también interesantes problemas éticos que surgen de la aplicación de la genética en medicina. Sitio consultado en septiembre de 2011.

Wellcome trust, <http://genome.wellcome.ac.uk/>

Excelente introducción a la investigación genómica y a su posible impacto en la sociedad. Presenta cada cromosoma con sus principales genes, diversas enfermedades genéticas, sus causas y sus posibles tratamientos y las implicaciones éticas de la investigación genómica, entre otros temas. Sitio consultado en septiembre de 2011.

DNA from the beginning, <http://www.dnafb.org/dnafb/>

Ofrece una introducción a la genética mendeliana, por medio de videos de científicos e historiadores, animaciones, fotos de archivos, entre muchos otros recursos. Sitio consultado en septiembre de 2011.

DNA learning center, <http://www.dnalc.org/home.html>

Abarca una muy amplia variedad de temas, que incluyen entre otros, la base genética de algunas enfermedades y el descubrimiento de la estructura del DNA. Sitio consultado en septiembre de 2011.

Image Archive, <http://www.eugenicsarchive.org/eugenics/branch.pl>

Ofrece un archivo con más de 1.200 fotos, gráficos y documentos de principios del siglo xx que exponen una era oscura en la ciencia estadounidense, en la cual muchos científicos pensaban que podían crear poblaciones humanas más aptas a través de reproducción dirigida. Presenta interesantes problemas éticos actuales derivados de los avances de la genética moderna. Sitio consultado en septiembre de 2011.

PELÍCULAS Y DOCUMENTALES

El Mundo según Monsanto (documental). Dirigida por Marie Monique Robin, Francia, 2008.

Hambre de soja (documental). Dirigida por Marcelo Viñas, Argentina.

La decisión más difícil (película). Dirigida por John Cassavetes, Estados Unidos, 2009.

Gattaca (película). Dirigida por Andrew Niccol, Estados Unidos, 1997.