



DE LA ESTRUCTURA DEL ADN AL IMPACTO SOCIAL DE SUS APLICACIONES TECNOLÓGICAS. UNA PROPUESTA DE ENSEÑANZA



Presidencia
de la Nación

Ministerio de
Educación

Presidenta de la Nación

Dra. Cristina Fernández de Kirchner

Jefe de Gabinete de Ministros

Dr. Aníbal Fernández

Ministro de Educación de la Nación

Prof. Alberto E. Sileoni

Secretario de Educación

Lic. Jaime Perczyk

Jefe de Gabinete

A.S. Pablo Urquiza

Subsecretario de Equidad y Calidad Educativa

Lic. Gabriel Brener

Directora Nacional de Gestión Educativa

Prof. Delia Méndez



**DE LA ESTRUCTURA
DEL ADN AL
IMPACTO SOCIAL
DE SUS
APLICACIONES
TECNOLÓGICAS.
UNA PROPUESTA
DE ENSEÑANZA**

Directora de Educación Secundaria

Virgina Vázquez Gamboa

Coordinadora de Áreas Curriculares

Cecilia Cresta

Autoras: Nora Bahamonde y Mariana Rodríguez

Coordinación de Materiales Educativos

Coordinador: Gustavo Bombini

Responsable de Publicaciones: Gonzalo Blanco

Coordinación editorial: Silvia Seoane

Edición: Ana Feder

Diseño: Rafael Medel y López

Ministerio de Educación de la Nación

De la estructura del ADN al impacto social de sus aplicaciones tecnológicas : Una propuesta de enseñanza. - 1a ed. ilustrada. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires :

Ministerio de Educación de la Nación, 2015.

Libro digital, PDF - (Secundaria para todos ; 6)

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-00-1147-1

1. Calidad de la Educación.

CDD 371.1

Índice

1. Introducción	11
2. Problematicación y activación de las ideas iniciales	19
3. Introducción de nuevos puntos de vista y ampliación de la información	41
4. Integración y aplicación de las ideas científicas escolares construidas	53
Bibliografía	59
Anexos	65

La Educación Secundaria constituye para nuestro Ministerio uno de los ejes principales de su acción. La obligatoriedad del nivel, establecida por la Ley de Educación Nacional, vino a situarnos, tanto al Estado como a la sociedad, frente al mayor desafío educativo del siglo que está comenzando. Si la epopeya de la educación primaria abierta hace 130 años con la Ley 1420 marcó con su potencia inclusiva a gran parte del siglo XX y alcanzó sus metas, no sin atravesar conflictos, ya muy avanzado ese largo trayecto, hoy la educación secundaria nos sitúa ante un nuevo comienzo y por ello ante una nueva responsabilidad. Hoy tenemos a más del 80 por ciento de nuestros jóvenes en la escuela secundaria, pero sabemos que tenemos por delante mucho trabajo por realizar para mejorar sus aprendizajes, asegurar sus trayectorias y promover la finalización de sus estudios en las mejores condiciones.

Esta colección que estamos presentando aquí, es producto de esta preocupación que nos convoca como educadores y funcionarios del Estado. Su título *Secundaria para todos* no ha sido elegido al azar; llamamos a esta secundaria “para todos” porque reconocemos que venimos de un modelo de escuela secundaria previo, sabemos que nada comienza de cero, mucho menos en educación, pero comprendemos la necesidad de generar entre todos nuevos criterios y nuevos saberes que ayuden a cumplir ese objetivo simple de enunciar y difícil de alcanzar: una secundaria con todos nuestros jóvenes dentro de ella. Esta es la condición central que explica nuestro concepto de calidad educativa.

Los ocho títulos con que esta serie comienza –y que como todo comienzo promete continuidad– abordan distintas cuestiones, desde las vinculadas con las diferentes concepciones de escolarización y docencia, hasta las que refieren a la organización estudiantil y al particular mundo de los jóvenes, pasando por otros títulos donde se plasman novedosas propuestas de desarrollos curriculares y de vinculación entre campos diversos, tales como Lengua y Geografía o las Ciencias Naturales y las Sociales. Sus autores son calificados pedagogos y especialistas en distintas disciplinas y, además, la mayoría de ellos comparte con nosotros la responsabilidad de la gestión educativa nacional. Esta última característica tiene, para nosotros, el sentido de un doble compromiso, a la vez político e intelectual, ya que las ideas y estrategias que ellos nos ofrecen, no son sólo el producto de la solitaria reflexión de gabinete, sino que están tejidas en la trama de su propia práctica de gestión.

Nuestra aspiración es que esta colección se convierta en un lugar de encuentro y debate para todos los docentes del nivel secundario. Lugar para apropiarse de propuestas novedosas, pero también espacio para discutir lo que en estos textos se está planteando. La Nueva Secundaria que la sociedad argentina está esperando surgirá de experiencias de trabajo intelectual como éste pero, sin duda, sólo podrá tomar cuerpo y avanzar en tanto este trabajo se enfrente con la cotidiana realidad de nuestros docentes, con sus anhelos, sus reclamos, sus certezas y sus dudas.

De este encuentro entre los textos y los miles de docentes de la escuela secundaria de nuestro país, esperamos que surjan nuevas síntesis superadoras, nuevos recorridos y nuevas estrategias para abordar viejos y nuevos problemas. Esa es nuestra apuesta y la medida de nuestra esperanza.

Ministro de Educación
Prof. Alberto E. Sileoni

En 2009, el Consejo Federal de Educación aprobó, a través de la Resolución CFE N° 93/09, el documento denominado “Orientaciones para la organización pedagógica e institucional de la educación secundaria”. Se trató de un paso fundamental en la construcción de una nueva escuela secundaria inclusiva y de calidad. La Resolución postula la necesidad de una serie de modificaciones en pos de lograr este objetivo. Para ello plantea la necesidad de ampliar las concepciones vigentes de escolarización; fortalecer la orientación de las trayectorias; garantizar una base común de saberes promoviendo el trabajo colectivo de los docentes; y resignificar la relación entre las escuelas y su contexto.

Desde la aprobación de la Resolución CFE N° 93/09, el Ministerio de Educación de la Nación ha venido llevando a cabo numerosas acciones para plasmar estas modificaciones en la vida cotidiana de las instituciones. Los materiales, que a través de la *Colección Secundaria para todos* hoy ponemos a disposición de las escuelas, son el producto de una elaborada reflexión sobre el proceso de transformación de este nivel en particular, pero también de lo que ha venido ocurriendo en sistema educativo en su conjunto en la última década. Esta colección ofrece a los docentes diferentes propuestas de enseñanza que interrogan los saberes y anudan aquellos que se enseñan por separado proponiendo diferentes modos de hacerlo.

Los textos de esta colección convergen en la asunción de un mismo desafío: elaborar materiales que estén, tanto en el plano de lo temático como en la forma de abordarlo, a la altura de un proceso inédito de cambio que ha impulsado la inclusión, sin resignar la calidad. Son textos que se nutren de la experiencia acumulada a lo largo de estos años y que sirven, a su vez, como pilares sobre los que será necesario construir aquello que todavía nos falta alcanzar.

Sabemos, porque estamos en permanente contacto con lo que ocurre en las instituciones, que existe un compromiso docente por llegar a esa escuela para todos. Es por ello que estamos seguros de que los educadores de cada rincón del país sabrán valorar y sacar el mayor de los provechos de esta colección.

Secretario de Educación

Lic. Jaime Perczyk

La Ley de Educación Nacional 26.206 ha establecido la obligatoriedad del nivel secundario. Se trata de un hecho fundamental en términos de ampliación de derechos que abarca a un enorme conjunto de adolescentes, jóvenes y adultos de nuestro país.

Esta enorme transformación implica volver a pensar la escuela secundaria en clave de derechos para cada argentino y argentina. El Estado Nacional asume este desafío fundamentado en la convicción de que más educación para todos y todas constituye un paso fundamental en la construcción de ciudadanía.

Una escuela secundaria que incluya a todos y a todas supone revertir el mandato histórico presente en la creación del nivel secundario: se trataba de una escuela selectiva destinada a formar una elite de dirigentes a nivel nacional y en cada una de las provincias que conformaba nuestro territorio hacia 1863. A lo largo del siglo XX diferentes sectores sociales pugnaron por ser alojados por el sistema y tomar parte en esa formación de corte universalista, propia del bachillerato humanista o a través una formación más vinculada a campos profesionales o de las más diversos oficios, sea en el ámbito de los liceos y escuelas normales, de las escuelas de comercio o bien, de las escuelas técnicas.

Históricamente la matrícula del nivel ha ido creciendo junto con la cantidad de establecimientos dedicados a esta formación de adolescentes, jóvenes y adultos. El desafío de hoy es el mayor de la historia: que todos los ciudadanos y las ciudadanas de este país concluyan sus estudios secundarios en cualquiera de sus orientaciones y posibilidades.

Hablamos de desafío precisamente porque se trata de generar las condiciones para que la inclusión como meta de esta política se produzca garantizando la calidad de la enseñanza. Se trata de reinventar sentidos y significados, metas y propósitos, saberes y prácticas en relación con un nivel educativo que renueva su mandato.

En este sentido, la colección que aquí presentamos tiene como propósito poner en juego discusiones, puntos de vista y ofrecer propuestas de trabajo que circularán en estas nuevas aulas pobladas de adolescentes, jóvenes y adultos comprometidos con su paso exitoso por la escuela secundaria.

Se trata de una colección de libros destinada a docentes y directivos, pero también a los niveles técnicos y políticos del sistema educativo, que recorre temas centrales para la escuela en la actualidad y acompaña el mandato de obligatoriedad impulsado por la Ley de Educación Nacional. La elaboración de los materiales que la componen es una herramienta que se suma a otras que –como la distribución de 5 millones de netbooks del Programa Conectar Igualdad, los 90 millones de libros entregados y las miles de escuelas construidas– contribuyen a hacer realidad el derecho enunciado por la ley.

Tres ejes atraviesan esta colección: el político, dado que se abordan temas como el sentido de las políticas de enseñanza en el contexto de la obligatoriedad; el institucional alrededor de cuestiones nodales en la vida de la escuela y los sujetos que la habitan y el eje curricular que ofrece orientaciones y propuestas para el desarrollo de los lineamientos que se presentan en la Resolución CFE N° 93/09 “Orientaciones para la organización pedagógica e institucional de la educación secundaria obligatoria”.

Los ocho títulos que aquí presentamos abordan temas de los ejes propuestos y pretenden ser una oportunidad de diálogo entre las propuestas presentadas y los distintos actores que intervienen en la construcción de una mejor y más significativa educación secundaria.

Subsecretario de Equidad y Calidad Educativa
Lic. Gabriel Brener

1

De la estructura del ADN al impacto social de sus
aplicaciones tecnológicas. Una propuesta de enseñanza

Introducción

Durante el siglo XX y lo que va del siglo XXI, los campos disciplinares del área de las ciencias naturales han llevado adelante producciones científicas que consideramos relevantes para el ámbito escolar —en particular para la escuela secundaria— desde el punto de vista conceptual, tecnológico y social.

Las problemáticas abiertas en los últimos sesenta años en el campo de la biología molecular y genética han planteado nuevos e importantes desafíos científicos y debates sociales. Entendemos que es importante que estos debates entren a las aulas, favoreciendo procesos de enculturación científica, con el propósito de que los estudiantes se impliquen en problemas sociocientíficos, construyan nociones científicas actualizadas y entiendan la ciencia como una actividad humana de construcción colectiva e histórica, asociada con ideas, tecnologías y lenguajes específicos. Así, las teorías y modelos científicos que se abordan surgen como una necesidad al intentar encontrar una solución o una explicación a los problemas planteados, explicitando la relación entre los hechos de la realidad y los conceptos que se construyen en el aula.

Tomando como base estos puntos de partida, comenzamos a delinear una propuesta didáctica para orientar el trabajo en la escuela secundaria sobre temáticas de fuerte relevancia e impacto social, vinculadas con la nueva biología. Como docentes del campo de la biología, teníamos claro que resultaba necesario convertir en objeto de problematización y reflexión las noticias y opiniones de divulgación científica que circulan profusamente en los medios de comunicación, así como algunos hechos de nuestra historia reciente que se entrecruzan con episodios significativos situados en los orígenes y la etapa de consolidación de la biología molecular. Proponemos iniciar la secuencia de actividades con una problematización a partir de dos estudios de caso: uno, sobre la utilización de huellas de ADN en situaciones y contextos reales, y otro, sobre la clonación, su factibilidad, límites y alcances.

El primer caso trata sobre las contribuciones de la biología molecular y la genética, las tecnologías derivadas del conocimiento producido en estos campos, el esclarecimiento de delitos de apropiación ilegal de niños y niñas en la última dictadura militar.

El segundo se refiere a la clonación exitosa de mamíferos en nuestro país y en otros países del mundo y a sus aplicaciones terapéuticas y reproductivas.

Estos casos se encuadran en los que suelen denominarse *asuntos sociocientíficos*, ya que se trata de temas que se prestan al debate público por sus muchas implicancias sociológicas, religiosas, políticas, filosóficas, económicas, médicas y ecológicas, pero principalmente éticas. Son temas que requieren de discusiones y negociaciones colectivas que habiliten la construcción de consensos y la toma de decisiones responsables y situadas. Claramente, involucran conocimiento tecnocientífico, y al mismo tiempo lo exceden, obligándonos a considerar distintas perspectivas en su abordaje.

En este sentido, podemos caracterizarlos como problemas multidimensionales complejos que deberían acercar las representaciones sociales y conocimientos cotidianos de los estudiantes a las conceptualizaciones vinculadas con los modelos explicativos de distintas áreas disciplinares. Astolfi (1998) propone el desarrollo de una currícula multirreferenciada para hacer frente a la complejidad de estos aprendizajes. Acude a la propuesta de Fourez (1997) y plantea la idea de la currícula como islote de racionalidad. De ahí la inclusión de estos conocimientos y debates en la escuela, por su potente carácter educativo que brinda oportunidades a los estudiantes de discutir problemas auténticos con base científica, desde una mirada compleja. Dicha mirada no pretende eludir cuestiones controversiales ni fomentar posturas ilusorias acerca de la neutralidad de la ciencia o de su capacidad *a priori*, por su carácter de conocimiento unificado, para resolver los problemas que nos atañen a todos como ciudadanos.

El enfoque de esta propuesta pone en evidencia la necesidad y potencialidad de un trabajo compartido entre profesores de distintas asignaturas y alumnos de distintos cursos, con el propósito de enriquecer las miradas disciplinares clásicas y nutrirlas de distintas experiencias y trayectorias. Abre vías para pensar nuevas formas de organización institucional que habiliten espacios más participativos y dinámicos; por ejemplo, jornadas o seminarios de profundización que incluyan instancias de trabajo entre Biología y Formación Ética y Ciudadana. En la misma línea, destacamos la importancia de conectar de manera real o virtual las actividades planificadas y puestas en marcha en las aulas con el mundo “más allá” de la escuela. En ese intercambio, proponemos incluir a científicos, filósofos, historiadores, favoreciendo que los procesos de construcción de conocimiento en los ámbitos académicos, y las personas que los llevan a cabo, se constituyan en prácticas y perfiles profesionales de referencia.

Durante el desarrollo de esta secuencia didáctica también sugerimos fomentar interacciones entre el profesor de Biología y los profesores de asignaturas como Lenguas Extranjeras e Informática, poniendo énfasis en un tipo de acercamiento de carácter más instrumental. Por ejemplo, para desarrollar algunas de las actividades planificadas que proponen a los estudiantes la navegación en sitios web en inglés (irreemplazables desde el punto de vista de su calidad científica y didáctica y que no cuentan con traducción al castellano), los docentes de dichas asignaturas pueden cumplir un rol facilitador muy importante.

La búsqueda de explicaciones o soluciones a las situaciones o problemas planteados conduce a la necesidad de trabajar ciertos conceptos, modelos o teorías científicas, y no otras. En esta propuesta trabajaremos nociones científicas del campo conceptual de la Biología molecular y la Genética vinculadas con el modelo de ADN. Las actividades sugeridas incluyen también los antecedentes que preceden su desciframiento y los consecuentes; entre ellos, las aplicaciones tecnológicas derivadas de esos conocimientos, que han dado lugar a nuevos problemas de investigación y han producido un enorme impacto en nuestras sociedades.

Desde un punto de vista biológico más general, el desarrollo de un núcleo temático para trabajar el modelo de ADN permite retomar una idea central sobre los seres vivos: los mecanismos de la herencia y el papel de los genes en la transmisión de las características de una especie de generación en generación. Para ello, tendremos que abordar y contestar a ciertas preguntas: ¿Qué es el ADN y cuál es su relación con los genes? ¿Cuál es la naturaleza de la conexión entre los genes (secuencias de nucleótidos de ADN ubicados en los cromosomas de las células) y los caracteres heredables? ¿Cómo “traducen” las células el mensaje de los genes en características tales como el color de los ojos de una persona o el tamaño y la forma de las hojas de una planta? ¿Cuáles son los mecanismos moleculares que llevan a cabo las células eucariotas que necesitamos conocer para responder a las preguntas planteadas?

El abordaje de este tema brinda la posibilidad de reconstruir — en paralelo con la construcción de nociones científicas— parte del proceso histórico que dio origen a los conceptos estudiados, a partir de un trabajo sistemático con distintas fuentes. Entre ellas incluimos relatos de científicos, que describen e interpretan sus experimentos,

desde las visiones dominantes en su época, sumando en muchos casos una perspectiva personal sobre el tipo de actividad que llevan a cabo o las situaciones y contextos vividos. Esta forma de presentar las ideas científicas arraigadas en los escenarios y los protagonistas de su construcción apunta a la inclusión de una reflexión acerca de la actividad científica en tanto actividad humana, colectiva, situada. Proponemos retomar también algunos de los diseños experimentales pioneros que contribuyeron a formular los conceptos que estructuran el modelo elegido, promoviendo el desarrollo de habilidades de indagación y cognitivo-lingüísticas por parte de los estudiantes. Así, algunas actividades pondrán el foco en el desarrollo de capacidades de comprensión lectora y comunicación científica a partir de la utilización de una variedad de formatos textuales, como narraciones históricas, biografías, artículos científicos, etcétera. Para ello, se proponen diversas situaciones para que los estudiantes tengan la oportunidad de seleccionar e interpretar información científica proveniente de fuentes actualizadas y pioneras, analizarla y organizarla utilizando distintos formatos para comunicarla.

En el mismo sentido recomendamos el trabajo con textos de divulgación y comunicación masiva —incluyendo los audiovisuales y multimediales— con contenido y lenguaje científico o de carácter ficcional, que retoman la problematización inicial y permiten ampliar el análisis, trascendiendo la mirada científica a través de la literatura, el cine, el humor gráfico, etcétera. De este modo, se propone la aplicación de las ideas científicas construidas a nuevas situaciones. Para finalizar, retomamos los casos iniciales promoviendo que los alumnos revisen sus primeras ideas, la distancia con la conceptualización alcanzada, y ensayen la toma de decisiones con base teórica fundamentada.

A modo de síntesis, puntualizamos a continuación los propósitos que orientan la propuesta de trabajo. Que los alumnos:

- Identifiquen y caractericen conceptos e ideas que circulan socialmente alrededor de conocimientos tecnocientíficos del campo de la Biología molecular y la Genética, y analicen sus implicancias sociológicas, económicas, médicas, éticas, entre otras.
- Construyan ideas y conceptos contextualizados en temas de la agenda científica actual para profundizar el modelo de funcionamiento de los seres vivos; en particular, en lo referido a los mecanismos moleculares de transmisión de la información genética.

- Comprendan las aplicaciones tecnológicas derivadas de los aportes de la Biología molecular; en particular, las técnicas de Huella Digital de ADN y las de clonación.
- Reconozcan la interrelación entre los aspectos teóricos de la nueva Biología y las aplicaciones tecnológicas que se derivan de ellos, por su impacto en la generación de nuevos problemas de carácter conceptual y social y de nuevas respuestas o soluciones a problemas de relevancia social.
- Reconstruyan etapas clave de la historia de los conceptos estudiados, revisitando el “descubrimiento” de la estructura molecular del ADN y sus implicancias en el desciframiento de la herencia biológica, así como en la apertura a nuevos conocimientos y técnicas.
- Reconozcan la ciencia como una actividad humana, de construcción colectiva e histórica.
- Estén capacitados para tomar decisiones fundamentadas en asuntos sociocientíficos que involucren los conocimientos construidos.
- Desarrollen habilidades de indagación y cognitivo-lingüísticas (comprensión lectora y comunicación científica), utilizando una variedad de formatos textuales, como narraciones, biografías, artículo científico, etcétera.
- Interpreten textos de divulgación y comunicación masiva, incluyendo los audiovisuales y multimediales, con contenido y lenguaje científicos vinculados con los temas seleccionados.

El diseño de la secuencia didáctica contempla distintas etapas, a lo largo de las cuales los estudiantes abordarán situaciones problemáticas de partida, que les permitirán activar y explicitar sus ideas iniciales, para ampliar, en una segunda fase, sus puntos de vista a partir de la introducción de nueva información y diferentes perspectivas de análisis. En el cierre se espera que puedan integrar las ideas construidas encontrando respuestas a los problemas iniciales y que puedan aplicar sus conocimientos a nuevos campos de problemas.

De la estructura del ADN al impacto social de sus
aplicaciones tecnológicas. Una propuesta de enseñanza

2

Problematización y activación
de las ideas iniciales

Proponemos comenzar la secuencia didáctica con una problematización inicial para poner en juego los modelos y representaciones de los estudiantes, a partir de la presentación de dos estudios de caso, que conectan con la realidad y suponen la formulación de algunas preguntas, conceptos, principios y técnicas en un primer nivel de profundización. En esta etapa nos planteamos conocer y activar las ideas de los estudiantes a través de preguntas que apunten a rescatar los fenómenos tal como aparecen en la vida cotidiana, y les permitan poner en juego explicaciones de sentido común que circulan socialmente. Es importante que los estudiantes expresen todas sus ideas y puntos de vista, más allá de que sean más o menos válidos desde la perspectiva científica.

2.1. Caso 1: ¿Qué relación podemos establecer entre las técnicas de análisis de ADN y los delitos cometidos durante la última dictadura militar?

El primer caso de estudio se refiere a la apropiación ilícita de hijos de desaparecidos durante la dictadura militar y su posterior identificación y restitución. Para comenzar a trabajar, hemos diseñado un conjunto de actividades, a partir de una gran variedad de recursos que involucran distintos aspectos vinculados con la búsqueda, identificación y confirmación de identidades y su relación con los aportes de los estudios genéticos a esta problemática social. Los testimonios, noticias periodísticas, entrevistas y fragmentos de películas y/o documentales que presentamos fueron seleccionados con el propósito de mostrar diversas historias que pueden resultar motivadoras para los estudiantes y que ponen de manifiesto la revolución social que generaron los exámenes de ADN.

En el sitio web de Abuelas de Plaza de Mayo (www.abuelas.org.ar) pueden encontrarse muchos casos y testimonios de abuelas y nietos. Aquí hemos seleccionado algunos en los que el análisis genético tiene una mención particular o protagónica en la confirmación de la identidad y la restitución de hijos y nietos a sus familias biológicas.

Podemos entonces partir de preguntas iniciales como las siguientes:

Actividad**Para pensar y discutir**

1. ¿Qué relación pueden establecer entre las técnicas de análisis de ADN y los delitos cometidos durante la última dictadura militar?
2. ¿Qué otros usos conocen de estas técnicas?

Las respuestas a estas primeras preguntas tendrían que conducir, con la orientación del docente, a otras de carácter general, que permitan la explicitación de las ideas de los estudiantes sobre la ubicación del ADN en los seres vivos, sus funciones biológicas, etcétera. Para recuperar estas ideas y armar una primera síntesis se pueden utilizar algunos videos o libros de texto que retoman los conceptos básicos sobre la molécula de ADN y sus funciones biológicas.

Para aportar más elementos a la discusión de las preguntas iniciales y enriquecer las representaciones de los alumnos, a continuación proponemos analizar distintos testimonios de nietos, abuelas, padres e hijos. También, incluimos recursos que proporcionan elementos para situar el contexto histórico o describen los aspectos básicos de la técnica de análisis de ADN.

Sobre los testimonios

Los testimonios seleccionados están disponibles en distintos formatos (relatos escritos o audiovisuales, entrevistas radiales y documentales). Esta decisión está basada en la idea de que los alumnos puedan tener acceso a diversidad de fuentes, explotando las características peculiares y la riqueza que aporta cada formato. Para ello, sería importante trabajar con ellos estos aspectos. Desde el punto de vista de los contenidos, algunos incluyen explícitamente el papel de la confirmación genética frente a las dudas de identidad de algunos hijos de desaparecidos y el enorme impacto que genera esta confirmación, abriendo la posibilidad de encontrar a la familia biológica de origen.

En otros testimonios, sorprenden la claridad y el poder de síntesis al caracterizar el contexto sociohistórico, y la búsqueda de un instrumento legal para identificar y restituir los nietos apropiados. Otro relato gira el punto de vista, ubicándolo en la historia de un padre exiliado durante la

Recursos en Anexos:
1.a, 1.b, 1.c, y 1.d.
(Páginas 66 y 67)

dictadura militar, que a su regreso busca y encuentra a su hijo nacido en cautiverio. Por último, el documental elegido muestra testimonios anteriores y posteriores a la utilización de la confirmación genética a partir de la huella de ADN y una variedad de situaciones que configuraron —tanto en dictadura como en democracia— el accionar de las Abuelas de Plaza de Mayo. En todos, la emotividad es un factor con fuerte presencia que puede producir identificaciones con estas historias de vida.

Una vez presentados los testimonios, sugerimos habilitar un espacio para que los alumnos puedan expresar sus sensaciones y opiniones sobre los relatos vistos, leídos y escuchados. Es probable que en este diálogo surjan posturas o comentarios que puedan resultar polémicos y que inevitablemente complejicen las preguntas iniciales y los aspectos netamente científicos. Es por eso que resulta necesario establecer claramente pautas de escucha hacia las distintas posturas personales en el marco de un diálogo respetuoso y democrático.

A continuación, proponemos una serie de actividades para trabajar con los alumnos después de la lectura de los testimonios.

Actividad

Para pensar y discutir

1. ¿Por qué creen que resultaba difícil la búsqueda y la identificación de hijos y nietos apropiados estando vigente la dictadura militar?
2. En los casos en que las abuelas conocían a sus nietos de bebés o niños, ¿cómo habrán hecho para buscarlos e identificarlos? ¿Cómo podrían reconocerlos luego de varios años?
3. En el inicio de la búsqueda (antes de la existencia del análisis de ADN), las abuelas armaron un cuestionario y todas ellas lo completaron, tratando de consignar la mayor cantidad de datos particulares de sus nietos secuestrados y de los padres de estos: grupos de sangre, gustos, hobbies, características físicas particulares, etc. En el grupo de trabajo elaboren un formulario similar al que armaron las abuelas. Intenten detallar todas las características que consideran útiles para la identificación (piensen también que las abuelas podrían haber guardado, por ejemplo, un diente de leche o un mechón de pelo, para incluirlos en la lista).
4. De las características que detallaron en el formulario anterior, identifiquen las que son hereditarias y las que son adquiridas.

5. En los casos de bebés que habían nacido en cautiverio, ¿cómo podrían identificarlos las abuelas si nunca los habían visto?
6. Cuando se hallaba un niño presuntamente apropiado en forma ilegítima, ¿cómo harían para identificarlo y esclarecer a qué familia pertenecía antes de la aplicación de la técnica de análisis de ADN?
7. Elena Gallinari Abinet, nacida en 1976 durante el cautiverio de su mamá, María Leonor, fue localizada por su abuela —que no la conocía— diez años después. En ese momento, el análisis de ADN aún no constituía una prueba judicial. Elena lo dice así: “Era mucho más complicado porque no había instrumento legal para nuestros casos. Y, por otro lado, hacía poco tiempo que se había restaurado la democracia y el trabajo de las Abuelas resultaba complejo”. Teniendo en cuenta lo trabajado hasta aquí, ¿por qué creen que el análisis de ADN y su posterior aceptación como prueba judicial causó un impacto tan importante en la identificación y restitución de hijos y nietos?

Una de las actividades propuestas consiste en la elaboración de un formulario similar al que confeccionaron las Abuelas inicialmente, que incluía tanto características físicas y rasgos hereditarios como otros datos particulares de sus nietos (por ejemplo, características corporales particulares, gustos, hobbies, etcétera). El docente puede colaborar ayudando a los estudiantes a pensar en otras características, como perforaciones en los oídos, manchas de nacimiento, lunares, grupo y factor sanguíneos, formas físicas particulares, marcas de vacunas, cicatrices. En este momento es importante retomar con los alumnos la distinción entre aquellas características adquiridas (a lo largo de la vida individual, en forma artificial y no transmisibles por herencia) y los rasgos hereditarios (transmitidos a través de los genes de padres a hijos), ya que estos últimos constituían casi el único factor para el reconocimiento de sus nietos. De todos modos, antes de la existencia de la prueba genética, aun cuando pudieran identificar fehacientemente a sus nietos por sus características físicas, las abuelas no poseían herramientas legales para la restitución.

Por entonces buscábamos mirando las caritas. Más de una vez yo misma he seguido a mujeres que llevaban en brazos a un bebé que se parecía a uno de mis hijos. En ese momento, yo ni siquiera sabía si mi nieto era

... nena o varón, pero recuerdo que seguí a una mujer y después, cuando la tuve enfrente, miré su cara y la del bebé y eran iguales, era la madre evidentemente. O si no, íbamos a la Casa Cuna a ver a los chiquitos, como si eso nos fuera a ayudar en algo... en nada. Pero no teníamos otro argumento, ni natural ni científico. Era decir “tiene que estar acá”.

Hacia dos años que las Abuelas participaban de las rondas en la Plaza de Mayo. Allí recibían denuncias anónimas. “Es un matrimonio que nunca tuvo hijos y ahora hay un bebé”, les decía alguien en voz baja. Las Abuelas iban a la casa y se las ingeniaban para llegar a ver al nene.

“Pero no podíamos ir a un juez y decirle ‘este nene es mi nieto porque parece a cuando mi hija era chica’ —señala Nélida Navajas, revisora de cuentas de la Asociación—. Entonces dijimos ‘no, tiene que haber algo, alguna prueba contundente’” (Abuelas de Plaza de Mayo, 2008, pp. 15-16).

Para enriquecer los primeros análisis, será necesario presentar otros aspectos que brindan andamiaje conceptual al caso, además de los testimonios. Para ello, podemos proponer a los estudiantes el trabajo con otros materiales que contribuyan a una conceptualización básica por parte de los alumnos acerca del contexto histórico y de la técnica científica basada en el análisis de ADN.

Recursos en
Anexos: 2.
(Páginas 67, 68,
69, 70 y 71)

Sobre el contexto sociohistórico

Con respecto al contexto histórico, ofrecemos como recurso posible un texto informativo que caracteriza los principales aspectos sociopolíticos de la dictadura militar, enmarca conceptualmente los delitos de apropiación de niños y la desaparición forzada de personas y describe el proceso de conformación e institucionalización de la Asociación de Abuelas de Plaza de Mayo. Otra alternativa consiste en trabajar con películas recopiladas en el sitio web de Abuelas de Plaza de Mayo. En ese caso, recomendamos seleccionar fragmentos de distintas películas y/o documentales o trabajar con alguna película completa que profundice el contexto sociohistórico. Durante el itinerario de actividades propuesto, es importante que los docentes orienten la discusión y aporten nuevas preguntas e información estratégica. Tal vez sea necesario aportar elementos históricos para contextualizar algunas circunstancias, por ejemplo, las censuras y prohibiciones vigentes durante la dictadura o reponer conceptos científicos que fueron trabajados con anterioridad o que los alumnos no conocen. Esta ins-

tancia puede constituir una opción potente para el trabajo transversal con las áreas de Historia y/o Formación Ética y Ciudadana, por la relevancia de sus aportes para conceptualizar temas vinculados con la memoria reciente, el derecho a la identidad y los derechos humanos. Para ello, pueden consultar, por ejemplo, los materiales del Programa Educación y Memoria del Ministerio de Educación de la Nación.¹

Sobre el análisis de ADN

Para caracterizar la técnica de análisis de ADN proponemos algunos videos que muestran la forma en que algunas empresas privadas llevan a cabo esos análisis y un texto informativo que brinda una explicación sencilla sobre esta técnica. Es probable que los alumnos conozcan las partes del cuerpo de donde pueden obtenerse las muestras, pero tal vez no puedan describir explícitamente el proceso o la técnica de análisis propiamente dichos. Seguramente los estudiantes tendrán alguna información sobre este tema, ya que tal vez lo han estudiado con anterioridad o se han acercado a él a través de series televisivas, películas y noticias que circulan en los medios de comunicación.

Aquí es importante relevar cuáles son sus saberes previos acerca del análisis de ADN y su estructura en particular. Es probable que vinculen su uso con las pruebas de paternidad y la resolución de crímenes; pero en esta discusión es fundamental delimitar el problema que planteaba la utilización del análisis de ADN en la confirmación de identidad a partir del material genético que proviene de los abuelos y no de los padres.

A continuación proponemos algunas preguntas para explorar las ideas de los alumnos y chequear la comprensión de la técnica de análisis de ADN, después de la lectura del texto y el análisis de los videos.

Recursos en Anexos:
3.a, 3.b, 3.c y 3.d.
(Páginas 71, 72, 73,
74 y 75).

Actividad

Para pensar y discutir

1. ¿En qué otros casos creen que se utiliza el análisis de ADN? ¿A partir de qué partes del cuerpo, restos, fluidos se puede realizar la toma de

1. Especialmente, el libro *Memorias de la dictadura: terrorismo de Estado en Argentina*. <http://portal.educacion.gov.ar/secundaria/programas/educacion-y-memoria/>

muestras para el análisis? ¿Con qué se comparan las muestras obtenidas? ¿Qué es lo que se compara?

2. ¿Sería factible, desde el punto de vista científico, identificar a un sospechoso de haber cometido un delito que se encuentra prófugo a partir de muestras biológicas halladas en el lugar del crimen y el análisis de ADN de un familiar directo? ¿Y desde el punto de vista legal y ético?

Además, proponemos ver dos videos de Alec Jeffreys, el “inventor de la huella de ADN”, en el sitio DNAInteractive. El primer video trata sobre la primera vez que Jeffreys observa e interpreta los resultados de su trabajo y advierte su potencial uso para la identificación biológica. El segundo cuenta cómo llegó al nombre de “huella digital de ADN”. Estos recursos proporcionan la oportunidad de reflexionar con los alumnos acerca de la actividad científica y el papel de la intuición; y en algunos casos, lo fortuito en la construcción de las ideas científicas y la forma en que se nombran. Resulta interesante que puedan establecer una relación entre el conocimiento científico y la comunicación pública de sus “hallazgos”. Si bien el relato oral y escrito está en inglés, recomendamos su utilización como recurso, ya que se trata de un testimonio invaluable, que proviene de un sitio web de gran calidad educativa, científica y audiovisual. En este momento de la secuencia, sería importante el trabajo conjunto con profesores de inglés que podrían actuar como facilitadores, brindando herramientas para la gestión de las traducciones y la navegación del sitio, en el caso de que fuera necesario.

A continuación, sugerimos trabajar con una animación que muestra las variaciones del ADN y las repeticiones en tándem, ideas biológicas clave para entender cómo funciona la técnica. Este tema se puede profundizar o complementar a partir de libros de texto en castellano que incluyan explicaciones y gráficos.

A partir de las actividades trabajadas, esperamos que los estudiantes hayan profundizado sus conocimientos iniciales acerca de esta temática. En este momento de la secuencia, proponemos entonces retomar nuestro estudio de caso, a partir de nuevas preguntas que conectan el problema inicial con lo estudiado hasta ahora.

Actividad**Para pensar y discutir**

1. Si las técnicas de análisis de ADN permitían determinar, por ejemplo, maternidad y paternidad, pero los padres de los niños buscados habían desaparecido, ¿serviría la sangre de las abuelas para poder identificarlos y determinar el parentesco con sus familias biológicas? ¿Por qué?
2. ¿Era factible aplicar la técnica de análisis de ADN que estudiamos para que las Abuelas de Plaza de Mayo pudieran solicitar su aplicación en la identificación de los nietos?
3. ¿Qué dificultades habrán enfrentado los científicos para que los resultados obtenidos indicaran con cierto grado de certeza el parentesco biológico?
4. En el contexto sociohistórico de la dictadura y los primeros años de la democracia, ¿cuál era el interés de la comunidad científica en estos temas?
5. ¿Qué relación podemos establecer ahora entre las técnicas de análisis de ADN y los delitos cometidos durante la última dictadura militar?

Cabe mencionar que el análisis de ADN que se utiliza para establecer parentesco entre abuelos y nietos es una aplicación posterior derivada de la técnica original a partir de una demanda social. Este tema será retomado en el cierre de la secuencia didáctica, en la etapa de integración y aplicación de las ideas científicas construidas.

2.2. Caso 2: ¿Por qué clonar seres vivos? ¿Puede ser la clonación la solución a muchos de nuestros problemas y el secreto de la inmortalidad?

El segundo caso seleccionado aborda el problema de la clonación de seres vivos. Proponemos también un conjunto de actividades, a partir de una gran variedad de recursos que abordan aspectos vinculados con los avances científicos sobre clonación humana, la técnica de clonación y su historia, el grado de avance de la clonación de mamíferos en nuestro país y los aspectos éticos que involucra esta temática. Los recursos seleccionados se presentan en diversos formatos,

como películas o fragmentos de películas de ciencia ficción, artículos periodísticos y/o de divulgación, videos, esquemas, cuadros, gráficos interactivos y textos informativos.

Los diferentes recursos que presentamos tienen el propósito de complejizar la mirada sobre la problemática de la clonación, desde la perspectiva tecnocientífica, económica, social, política, filosófica, ética y desde sus repercusiones en la opinión pública.

Para comenzar el trabajo en el aula, sugerimos plantear a los estudiantes las preguntas iniciales del caso registrándolas en el pizarrón y proponerles mirar los videos o fragmentos de las películas de ficción seleccionadas. Antes de comenzar la proyección, podemos pedirles que escriban alguna frase relacionada con el problema planteado para retomar en otro momento de la secuencia.

Recursos en
Anexos: 1.a, 1.b y 1.c.
(Páginas 75, 76 y 77).

Las películas sobre clonación

Las películas seleccionadas tratan el problema de la clonación humana. Recomendamos seleccionar aquellos fragmentos que muestran específicamente las características de la técnica, la forma en que se presentan los seres clonados, los dilemas éticos, las supuestas posibilidades y riesgos que abre la clonación, etcétera. Otra alternativa sería utilizar en esta actividad los fragmentos o *trailers* de las películas disponibles *online*. En los recursos, incluimos una breve sinopsis del contenido de cada película y los vínculos de los fragmentos *online*. Creemos que puede ser potente que durante la proyección o entre película y película se dé lugar a la participación de los estudiantes, fomentando la expresión de sus ideas y experiencias. Es importante habilitar la posibilidad de la polémica y el disenso, en un clima de respeto y valorización de las opiniones de cada uno. En este momento, convendría recoger todas las preguntas y las ideas, independientemente de su “validez científica” o de las diferencias entre posturas personales. Para ello, se puede iniciar el trabajo con un mural del aula a modo de diario en el que se vuelquen en las clases los principales nodos de discusión, así como las nuevas preguntas abiertas. Puede resultar también un momento adecuado para animar a los estudiantes a leer y discutir y/o registrar las frases que escribieron al iniciar la actividad.

A continuación, proponemos algunas preguntas para orientar la actividad anterior que pueden intercalarse en el marco de las discusiones que se van generando.

Actividad**Para pensar y discutir**

1. En las películas que vimos, la clonación humana es un hecho. ¿Creen que actualmente es posible, desde un punto de vista técnico y científico, clonar humanos?
2. ¿Con qué propósitos se clonan humanos en cada una de las historias que se narran en las películas? ¿Cuáles son los problemas que surgen, a partir de la clonación de los personajes, en sus vidas?
3. ¿Qué riesgos implica la clonación humana según la perspectiva planteada en la ficción? ¿Y en la realidad?
4. ¿Qué características y sobrevivencia tienen los clones en las películas? ¿Cómo se resuelve en la ficción el hecho de que los clones tengan recuerdos sobre la historia de su vida? ¿Logra el clon convertirse en la misma persona que le dio origen? ¿Por qué?
5. Pasando al plano de la realidad, ¿cuáles serían las razones que justifiquen la clonación humana en nuestra sociedad? ¿Con cuáles de esas razones estarían de acuerdo? ¿Cuáles no les parecen aceptables? ¿Por qué?

Sobre la información acerca de los avances mundiales en clonación

Recursos en
Anexos: 2.a, 2.b y 2.c.
(Páginas 77, 78, 79,
80 y 81)

Para enriquecer las primeras ideas trabajadas hasta el momento será necesario incorporar otros aspectos que brindan andamiaje conceptual al caso en el plano real sobre la clonación humana, además del primer acercamiento a través de las películas de ciencia ficción. Para ello, se puede proponer a los estudiantes el trabajo con otros materiales actuales que contribuyan a una aproximación conceptual al estado de avance científico sobre la clonación humana y otras problemáticas que se abren en forma paralela sobre este tema. Presentamos, entonces, una serie de artículos periodísticos de algunas investigaciones actuales sobre la clonación de embriones humanos.

En los textos pueden identificarse aspectos relacionados con las técnicas específicas de clonación, los países, las instituciones y los científicos que trabajan en esta temática, el desarrollo de líneas de investigación con células madre, los problemas éticos que se plantean al clonar embriones humanos, los propósitos de la clonación de embriones humanos, entre otros.

A continuación, proponemos una serie de actividades para trabajar con los estudiantes después de la lectura de los artículos periodísticos.

Actividad

Para pensar y discutir

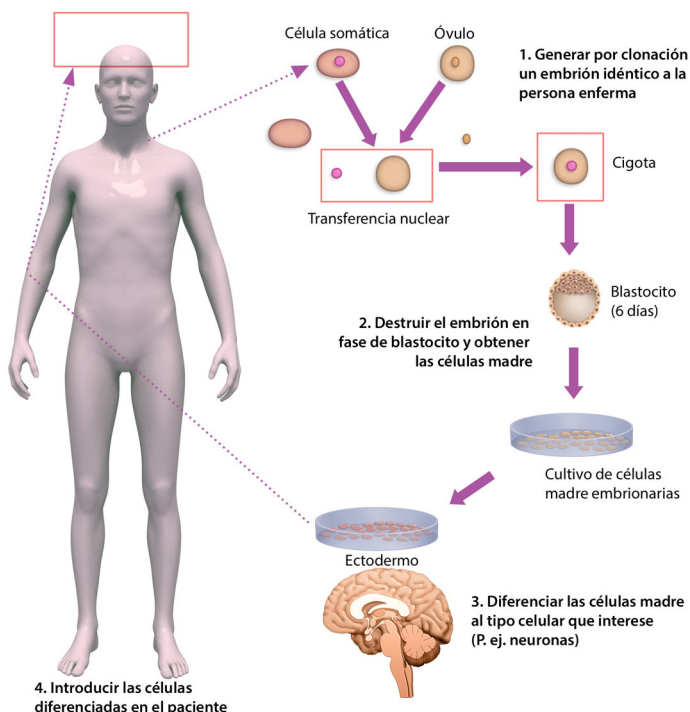
1. ¿Por qué propone el profesor Ian Wilmut, creador de la oveja Dolly, clonar bebés humanos? ¿Qué parejas podrían beneficiarse con esta técnica?
¿Qué diferencias tendría el bebé clonado con respecto al original?
¿Qué piensan ustedes acerca de las razones que propone Ian Wilmut para justificar la idea de que, en el futuro, la clonación no será un problema ético?
2. ¿Por qué creen que se mencionan las investigaciones sobre clonación humana y células madre como una competencia entre científicos?
En el caso de Estados Unidos, ¿cuál es la tendencia de las políticas públicas con respecto a estas líneas de investigación?
¿Cuál es la postura en el ámbito privado?
Actualmente, las células madre se pueden extraer de personas adultas. Por ejemplo, pueden hallarse células madre en la médula ósea o la médula espinal, que pueden ser extraídas y utilizadas para el tratamiento de ciertas enfermedades. Por lo tanto, si pueden obtenerse a partir de organismos adultos, sin necesidad de destruir embriones, ¿por qué se justifica desde el punto de vista científico la investigación sobre clonación de embriones humanos para la obtención de células madre?
¿Qué piensan ustedes acerca de los potenciales usos de las células madre obtenidas a partir de embriones humanos clonados? ¿Cuál es la perspectiva científica? ¿Es compatible con los aspectos éticos que se plantean? ¿Por qué?
3. ¿Qué semejanzas y diferencias hay entre este clon humano y las representaciones de clones que se muestran en las películas?
¿Creen ustedes, desde el punto de vista científico, que sería factible crear embriones humanos clonados para originar nuevos individuos? ¿Y desde el punto de vista ético? ¿Por qué?
En el hipotético caso de que un embrión clonado se implantara

en el útero de una mujer, se desarrollara y naciera, ¿creen ustedes que sería igual al individuo que donó el material genético para la clonación (en el nivel genético, características físicas y de personalidad)? ¿O a la mujer que donó el óvulo? ¿Por qué?

En el transcurso de esta fase es probable que surjan dudas o problemas en la comprensión de las diversas técnicas y la terminología empleada. Por eso, a medida que se realiza la lectura de los textos y se resuelven las actividades, será necesaria la intervención docente para facilitar la comprensión de aquellos puntos fundamentales sobre las técnicas, sus diferencias y los posibles usos de la clonación reproductiva, de la terapéutica y de las células madre. Por ejemplo, es importante intentar una primera aproximación al significado del término *clonación* desde la perspectiva científica, ya que probablemente los estudiantes tengan diferentes representaciones personales o construidas a partir de los modelos presentados en las películas de ciencia ficción.

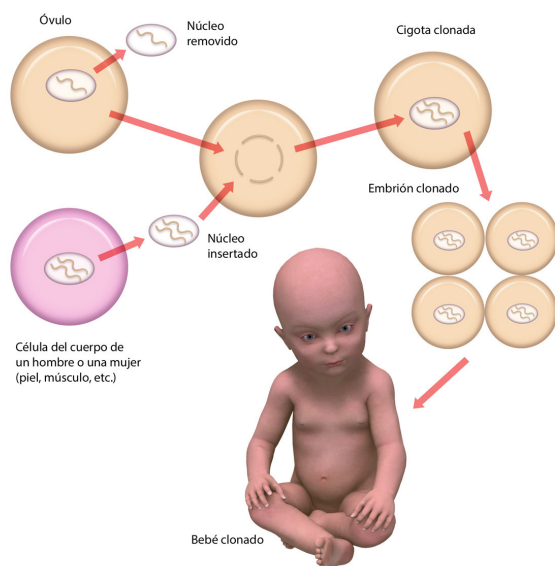
Podemos entender la clonación como la producción intencional de células, tejidos, órganos, embriones o individuos que tienen la misma información o identidad genética. En los casos trabajados en los artículos periodísticos, la clonación implica la generación de uno o varios organismos (embriones) a partir del núcleo de una célula somática obtenida de personas adultas insertadas en óvulos cuyos núcleos han sido removidos, de manera que los embriones clonados son idénticos o casi idénticos al genoma del dador de la célula somática adulta. Además, es necesario señalar que, en todos los artículos, las investigaciones están relacionadas con la clonación terapéutica. Es decir, la creación de embriones humanos mediante clonación con el propósito de utilizarlos como materia prima de distintas terapias. Así, a partir de estos embriones, se obtienen células sin diferenciar capaces de convertirse en cualquier tejido (células madre totipotenciales) para tratar diferentes tipos de enfermedades.

A continuación, presentamos un gráfico explicativo sobre la clonación humana con fines terapéuticos.



En la última pregunta propuesta a los alumnos se plantea la hipotética posibilidad de que los embriones humanos obtenidos por clonación lleguen a desarrollarse y originar un nuevo organismo completo. Este tipo de clonación se denomina *reproductiva* y consiste en la producción de embriones in vitro que luego deberían implantarse en el útero de una madre fisiológica para el desarrollo de un individuo adulto. Es necesario llamar la atención sobre esta pregunta, ya que trasciende la información presentada en los artículos periodísticos y da cabida a un tema complejo y polémico como es la clonación con fines reproductivos.

A continuación, presentamos un gráfico explicativo sobre cómo sería la clonación humana con fines reproductivos.



En este momento, es importante retomar las frases, los principales nodos de discusión y las nuevas preguntas abiertas planteadas en la actividad inicial a partir de las películas de ciencia ficción sobre clonación humana, ya que se pueden aclarar y ampliar algunas cuestiones enunciadas tentativamente al comienzo con un cierto grado de generalidad, por ejemplo, las características que tendrían los individuos clonados.

En esta etapa, esperamos que los alumnos —con la orientación del docente— puedan profundizar las ideas iniciales y comprender que dos organismos clonados, a pesar de que son prácticamente idénticos genéticamente, no lo serán en todas sus características físicas o en su comportamiento, ya que el componente genético no es el único determinante. En este sentido, un par de clones pueden experimentar diferentes condiciones dentro del útero, por ejemplo, la nutrición recibida por cada embrión; como también experimentarán diversas condiciones fuera de este. Es muy improbable que, desde el punto de vista científico, puedan reproducirse cada una de las condiciones ambientales de la historia de vida del individuo original para desarrollar su mismo carácter, personalidad, comportamiento y características físicas.

Por otro lado, en rigor, el clon ni siquiera sería idéntico genéticamente al individuo donante del ADN proveniente de la célula somática. Debi-

do a que, en las técnicas de clonación convencionales, el núcleo procede de una célula somática y las mitocondrias pertenecen a la célula receptora (óvulo sin núcleo); el organismo resultante, en sentido estricto, no es totalmente clónico respecto al dador del núcleo: el ADN de sus mitocondrias es diferente.² Por lo tanto, desde el punto de vista biológico, un clon humano no sería exactamente idéntico en el nivel genético.

Sin embargo, más allá de la factibilidad científica y técnica de la clonación humana, el problema clave no se plantea desde allí, ya que hoy sería posible reproducir un organismo prácticamente igual desde el punto de vista genético. El problema se inscribe en el plano ético: ¿se deben clonar humanos con fines terapéuticos o reproductivos?

Recursos en
Anexos: 3.a. y 3.b.
(Páginas 81, 81 y 83)

Sobre la información acerca de la clonación de la oveja Dolly y de otros hitos históricos en la clonación de mamíferos

Para caracterizar la técnica de clonación por transferencia nuclear proponemos analizar la famosa clonación del primer mamífero: la oveja Dolly. La clonación de una oveja fue clave en el avance sobre las técnicas de clonación, ya que si bien se habían clonado otros organismos con anterioridad, fue la primera vez que pudo reprogramarse una célula adulta ya diferenciada para volverla a un estado embrionario y luego generar un embrión clónico de un mamífero.

Es probable que los alumnos hayan visto, leído o escuchado alguna noticia acerca de la clonación de la oveja Dolly, pero seguramente les resultará más difícil describir en qué consiste el proceso o la técnica propiamente dicha. Proponemos entonces que analicen un gráfico que muestra la secuencia de pasos implicados en la técnica de clonación de la oveja Dolly. La técnica de clonación se basa en la transferencia del núcleo de una célula somática (diferenciada) y su posterior inclusión en un óvulo, como mostramos anteriormente.

La importancia de este caso radica en el hecho de que todo el material genético nuclear proviene de un solo progenitor; en particular, del

2. Sin embargo, sí son clónicos entre sí, los hermanos gemelos univitelinos, procedentes de una misma madre y de células embrionarias idénticas. Sería un caso de clonación natural.

núcleo de una célula diferenciada en un tejido adulto. Si bien ya se habían realizado clonaciones de organismos a partir de un embrión, por ejemplo, al fragmentarlo en dos y originar dos nuevos individuos completos, en esas técnicas los embriones clonados seguían siendo el resultado de la fecundación entre un espermatozoide y un óvulo.

A continuación proponemos algunas actividades para chequear la comprensión de las técnicas de clonación de mamíferos y para caracterizar los aspectos sociopolíticos, religiosos, históricos, que las atraviesan.

Actividad

Para pensar y discutir

1. ¿Qué genotipo y fenotipo tenía la oveja Dolly?
2. Dolly muere en 2003. ¿Creen que tuvo la misma expectativa de vida que el individuo original? ¿Por qué?
3. A partir del análisis de los gráficos y de la discusión de las preguntas anteriores, elaboren un texto explicativo para acompañar cada uno de los gráficos.
4. Si los humanos decidieran clonar, por ejemplo, animales y vegetales en gran escala, ¿qué sucedería con el patrimonio genético de cada especie?
5. Luego de la lectura del cuadro “Hitos camino a la clonación”, busquen información en otras fuentes y organícense en grupos. Cada grupo deberá construir una línea de tiempo sobre la clonación desde diferentes perspectivas (perspectiva sociopolítica, histórico-científica, religiosa, etcétera).

El análisis de estos gráficos y técnicas también puede ser una oportunidad para revisar conceptos clásicos de genética, como los de fenotipo y genotipo, la distinción entre células somáticas diploides (2n) y haploides (n), la diferenciación celular, las ventajas evolutivas de la reproducción sexual y asexual o la discusión acerca de la pérdida de biodiversidad, entre otros. Sobre este último punto es interesante plantear algunas cuestiones relacionadas con la biodiversidad natural, ya que la clonación de organismos en gran escala podría provocar, eventualmente, la homogenización del patrimonio genético de la especie clonada.

Por último, presentamos un cuadro sintético que caracteriza los principales hitos históricos acerca de la clonación de organismos desde el punto de vista científico, así como aspectos sociopolíticos internacionales, avances científicos nacionales, posiciones religiosas sobre esta temática y fraudes científicos, entre otros.

En el análisis del cuadro, tal vez sea conveniente que el docente aporte elementos históricos para contextualizar algunas circunstancias o reponer conceptos científicos trabajados con anterioridad. Esta instancia puede constituir una opción potente para el trabajo transversal con las áreas de Historia y/o Formación Ética y Ciudadana.

Recursos en
Anexos 4.a y 4.b.
(Página 83, 84, 85 y 86)

Sobre la información acerca de la clonación en la Argentina

Para incluir en la secuencia didáctica el análisis del estado actual sobre la actividad científica relacionada con la clonación en nuestro país, proponemos el trabajo con dos artículos: el primero, de divulgación científica y el segundo, periodístico. En el primer texto se expone el camino recorrido en la clonación de bovinos transgénicos por una empresa privada; y en el segundo, la clonación de un toro realizada por investigadores de la Universidad de San Martín y el Conicet (financiada por una empresa privada).

Antes de ofrecer a los estudiantes los dos textos, es importante explorar cuáles son sus ideas acerca de la actividad científica en nuestro país en relación con la clonación. Para ello, podemos preguntarles si piensan que en la Argentina se clonan animales, si conocen algún organismo que se haya clonado en nuestro país; si es así, con qué fines creen que se clonan (clonación terapéutica, reproductiva, obtención de células madre, etcétera). Las respuestas formuladas por los estudiantes a estas preguntas pueden incluirse en el mural inicial de la secuencia para retomarlas luego de trabajar los recursos correspondientes.

A continuación, proponemos algunas preguntas para chequear la comprensión de los contenidos y analizar y discutir los problemas que se plantean, después de la lectura de los textos.

Actividad

Para pensar y discutir

1. ¿Cuáles son los objetivos al clonar bovinos como Pampa y Pampero?
2. ¿En qué difieren las técnicas de clonación de estos bovinos con el procedimiento utilizado para la oveja Dolly? Elaboren un gráfico tipo infografía para explicar, en forma sintética, la clonación de Pampa Mansa II.
3. La clonación de mamíferos transgénicos constituye un modo de producción farmacéutico con gran rentabilidad económica, ¿pero qué sucede con el patrimonio genético de la especie? ¿Cuál es el costo/beneficio en torno a este tipo de producción de medicamentos o sustancias de interés farmacéutico?
4. Por el contrario, ¿podría ser la clonación la solución a la pérdida de biodiversidad y utilizarla como medio para reproducir organismos en vías o en peligro de extinción? ¿Por qué? ¿Qué piensan ustedes acerca de la creación de un zoológico clónico de embriones que conserven el patrimonio genético de las especies animales actuales?
5. Lean los artículos de la Declaración Universal de los Derechos de los Animales, en: www.me.gov.ar/efeme/diaanimal/derecho.html. Discutan en el grupo cuáles derechos creen que son o no respetados cuando se clonan animales con fines netamente reproductivos o transgénicos para la industria farmacéutica.

La incorporación de estos textos tiene como propósito acercar a los estudiantes a la actividad científica en nuestro país en relación con la clonación. Los textos seleccionados permiten acercarse a las líneas de investigación vigentes, al origen de sus financiamientos, a las instituciones y empresas involucradas, a las demandas de los productores, etcétera.

A su vez, es interesante discutir, a partir de las actividades propuestas, otros problemas relacionados con la preservación de la biodiversidad al producir organismos transgénicos mediante clonación. Por ejemplo, por un lado, la clonación y la transgénesis modifican el patrimonio genético de la especie³ o la raza, y por otro, puede constituir una

3. De hecho, en nuestro país, por ejemplo, en el caso de la soja, el 100% es transgénica, no existe en su fenotipo salvaje.

forma de preservación de los genomas de especies extintas o en vías de extinción. Otro aspecto interesante para trabajar con los estudiantes consiste en analizar la interrelación entre los aspectos éticos vinculados con los derechos animales y la clonación de los mismos.

Recursos en
Anexos: 5.
(Páginas 87, 88 y 89)

Sobre los aspectos y reflexiones éticas con respecto a la clonación humana

Para cerrar esta fase de la secuencia, proponemos como recurso un documento sobre la clonación humana elaborado por la Organización de las Naciones Unidas.

La discusión acerca de la postura adoptada por la ONU sobre esta temática permite retomar los nodos principales de discusión desde la perspectiva ética y nuestro problema inicial.

Por ello, a partir de las actividades trabajadas, esperamos que los estudiantes hayan profundizado sus conocimientos acerca de esta temática. En este momento de la secuencia proponemos, entonces, retomar nuestro estudio de caso a partir de nuevas preguntas que conectan el problema inicial con lo estudiado hasta ahora.

Actividad

Para pensar y discutir

1. En el documento de la ONU aparece en numerosas oportunidades el concepto de “dignidad humana”. ¿Qué entienden ustedes por “dignidad humana”? ¿Cuáles creen que son los límites de la dignidad humana?
2. ¿Están de acuerdo con la postura ética planteada en el documento sobre la clonación humana? ¿Por qué?
3. ¿Cuáles creen que son las implicancias científicas, sociales, éticas, políticas, etcétera, de haber creado el primer embrión humano por clonación a partir de una célula adulta?
4. A partir de las declaraciones de la ONU ¿Cómo responderían a las preguntas iniciales de nuestro caso?: *¿Por qué clonar seres vivos? ¿Puede ser la clonación la solución a muchos de nuestros problemas y el secreto de la inmortalidad?*

Cabe mencionar que el documento analizado presenta gran ambigüedad, ya que no define el concepto de “dignidad humana” ni diferencia

los distintos tipos de clonación y sus posibles usos. Sin embargo, consideramos importante incluir este recurso ya que constituye una primera aproximación a las discusiones internacionales que aún hoy siguen vigentes y proporciona un terreno fértil para discutir los alcances de la idea de dignidad, discusión a la que volveremos al final de la secuencia en la etapa de integración y aplicación de las ideas científicas construidas.

Hasta aquí, hemos alcanzado un cierto grado de avance en los estudios de caso presentados. Nos proponemos ahora profundizar algunos nudos conceptuales estratégicos, aportando nuevos elementos para enriquecer el cierre de los casos al final de la secuencia. En este punto nos parece importante explicitar ciertos criterios que orientan nuestro diseño didáctico. Para establecer un paralelo, nuestro abordaje sería similar a observar un cuadro con una cámara con zoom. El proceso comienza cuando miramos el cuadro desde un plano general, que nos proporciona una vista amplia. En ella identificamos las partes principales y sus interrelaciones. Después enfocamos y aplicamos el zoom a una parte del cuadro, para advertir subpartes, detalles, matices, hasta el nivel de profundización elegido. Una vez estudiadas aquellas subpartes y sus relaciones volvemos al plano general, a la vista ampliada, intentando establecer el papel y el valor explicativo de la parte elegida dentro del todo y su significado en el contexto general del cuadro.⁴

Estamos ahora en el momento de poner el foco en una parte del cuadro, revisitando los contenidos biológicos que permitan a los estudiantes profundizar sus conocimientos en el nivel conceptual. Para ello, proponemos interpelarlos sobre el progreso histórico de la Biología en relación con la estructura del ADN y sus funciones biológicas; pero no desde una perspectiva cronológica, sino como una sucesión de ideas que requerían de otras previas para su abordaje. Planteamos aquí la estrategia de *volver el tiempo atrás* y, parafraseando a Alejo Carpentier en su “Viaje a la semilla”, intentaremos hacer decrecer las horas a la izquierda de nuestros relojes para destejer la manta de lana del conocimiento científico construido, tirando de la hebra hasta situarnos en la mitad del siglo pasado, precisamente en la época en que se desvela la estructura del ADN. Retomamos esta cuestión en la siguiente etapa.

4. Este abordaje se inspira, en alguna medida, en la Teoría de la Elaboración de Reigeluth y Merrill (1977-1982).

De la estructura del ADN al impacto social de sus
aplicaciones tecnológicas. Una propuesta de enseñanza

3

Introducción de nuevos puntos
de vista y ampliación de la información

La elección de la parte del cuadro no es arbitraria. El “descubrimiento” de la estructura del ADN fue un avance científico muy importante, porque marcó un punto de inflexión en la investigación sobre *los misterios de la vida*. Sin embargo, no se trató de un caso de cambio conceptual ni de una revolución conceptual. El descubrimiento sumó ideas a los conceptos de gen y ADN, pero no requirió revisiones de los componentes previos de esos conceptos. A partir de ese momento, surgieron y se aceptaron nuevas hipótesis, pero no se refutaron las hipótesis sostenidas acerca de su papel biológico. ¿En qué reside, entonces, su importancia?

La hipótesis de Watson y Crick sobre la estructura del ADN presentaba una alta coherencia entre la evidencia disponible y los propósitos de los biólogos que deseaban comprender las bases genéticas de la vida. Esa alta coherencia generó no sólo un juicio acerca de que la hipótesis debería ser aceptada, sino también una actitud emocional, estética, de que la hipótesis era hermosa” (traducción nuestra de Thagard, 2006).⁵

Jacob (que recibió un premio Nobel por sus ideas acerca de los mecanismos genéticos en la regulación de la síntesis de proteínas) lo describía así: “Esta estructura era de tal simplicidad, tal perfección, tal armonía, aun de tal belleza, y los avances biológicos fluían de ella con tal rigor y claridad, que uno no podía creer que no fuera verdad” (citado en Thagard, 2006).

Como se mencionó anteriormente, el develamiento de la estructura del ADN constituyó un punto de inflexión, porque marcó un hito en la historia del pensamiento científico y contribuyó de manera significativa a la consolidación de una nueva disciplina: la Biología Molecular.

Por las razones mencionadas, en esta etapa será necesario que los estudiantes puedan ampliar sus puntos de vista e ir progresivamente incorporando nueva información para contestar a las preguntas que dejaron planteadas y reformular sus ideas acerca de la estructura de la molécula de ADN, sus funciones biológicas y sus aplicaciones tecnoló-

5. Paul Thagard es filósofo de la ciencia y estudia, entre otros temas, la cognición y la relación entre razonamiento y emoción en contextos de investigación, descubrimiento y justificación de conocimiento científico.

gicas posteriores, así como del proceso histórico y los protagonistas de la construcción de estas ideas. En este sentido, algunas de las preguntas que posiblemente se hayan planteado en las clases y que deberían retomarse en distintos momentos del trabajo en esta fase son: *¿Qué es el ADN y cuál es su relación con los genes? ¿Qué particularidades tiene su estructura? ¿Cuál es la naturaleza de la conexión entre los genes y los caracteres heredables? ¿Cómo “traducen” las células el mensaje de los genes en características, tales como el color de los ojos de una persona o el tamaño y la forma de las hojas de una planta? ¿Cuáles son los mecanismos moleculares que se llevan a cabo en las células eucariotas que necesitamos conocer para responder a las preguntas planteadas?*

Sin embargo, para comenzar, proponemos introducir nuevas cuestiones vinculadas con la reconstrucción de los escenarios en los que se gestaron y se dieron a conocer las ideas que respondían algunas de estas preguntas. Podemos plantear a los estudiantes, por ejemplo: *¿Qué creen que sabía la comunidad científica del modelo de ADN a mediados del siglo pasado? ¿Quiénes trabajaban en investigaciones relacionadas con el tema? ¿Qué repercusiones sociales tenía ese conocimiento? y registrar sus respuestas, a modo de “lluvia de ideas”, en un afiche al que se puede volver en distintos momentos de las clases.*

Para avanzar en la búsqueda de respuestas y aportar nueva información, diseñamos un conjunto de actividades que incluyen diferentes recursos y estrategias y favorecen múltiples aproximaciones a las cuestiones planteadas, por ejemplo, relatos históricos, biografías, líneas de tiempo virtuales y gráficas, descripciones de experimentos, simulaciones, esquemas gráficos y/o interactivos, documentales, cuadros, tablas, artículos periodísticos, publicaciones científicas (artículos científicos, de divulgación), etcétera.

Como primera actividad proponemos la lectura de un texto autobiográfico escrito por Francis Crick, Premio Nobel en 1962 por el descubrimiento de la estructura del ADN, en el que relata la serie de hechos que lo llevaron, como resultado de la combinación entre *elección y azar*, a dedicarse a la investigación sobre “*la frontera entre lo viviente y lo no viviente*” como él mismo lo definía por 1947:

Durante la mayor parte de la guerra trabajé en el diseño de minas magnéticas y acústicas —minas a distancia—, inicialmente bajo la dirección de un físico teórico bien conocido, H. S. W. Masey. Esas minas eran lanzadas por nuestra aviación en los canales navegables del Báltico

y del Mar del Norte, que eran relativamente poco profundos. Ahí se quedaban, silenciosa y secretamente sobre el fondo marino, hasta que explotaban a causa de un rastreo enemigo o bien porque hacían volar uno de sus barcos. El objetivo en el diseño de sus circuitos era hacerles distinguir de algún modo la diferencia entre los campos magnéticos y los sonidos procedentes de un rastreo y los de un barco. En eso tuve bastante éxito. Esas minas especiales eran cinco veces más efectivas que las minas a distancia normales. Después de la guerra se calculó que las minas hundieron o dañaron gravemente unos mil barcos mercantes enemigos. Cuando por fin terminó la guerra, yo no sabía qué hacer.

Cuando trabajaba en el ministerio tenía varios amigos entre los oficiales de la Marina. Ellos se interesaban por la ciencia, pero sabían menos aún que yo. Un día reparé en que les estaba comentando con entusiasmo los últimos avances realizados con los antibióticos: la penicilina y otros. Hasta la noche no se me ocurrió pensar que ni yo mismo conocía bien estos temas, aparte de lo que había leído en *Penguin Science* o en otras publicaciones similares. Me di cuenta de que en realidad no les hablaba de ciencia. Estaba *chismorreando*. Esta visión fue una revelación para mí. Había descubierto el test del chismorreio: uno chismorreia sobre aquello por lo que realmente se interesa. Sin vacilar, lo apliqué a mis conversaciones inmediatamente anteriores. Estreché con rapidez mi abanico de intereses a dos áreas principales: la frontera entre lo viviente y lo no viviente, y el funcionamiento del cerebro. Las introspecciones siguientes me indicaron que estos dos temas tenían en común el hecho de tratar problemas que, en muchos aspectos, parecían estar más allá del poder de explicación de la ciencia. Obviamente, la incredulidad en el dogma religioso era una parte importante de mi naturaleza. Siempre he creído que el estilo de vida del científico, así como el del religioso, requiere un elevado grado de devoción, que uno no puede dedicarse a algo si no cree en ello apasionadamente.

En otra parte de su relato reconstruye una charla que dio a un grupo de investigadores tratando de recordar lo que pudo haber dicho. Este texto permite inferir lo que se sabía sobre el ADN y el ARN y lo que se especulaba en el ambiente científico de esa época:

Durante este período, en cierta ocasión me pidieron que diera una pequeña charla a algunos investigadores que habían ido al *Strangeways* para un curso. Me acuerdo perfectamente de la situación, ya que intenté describirles

cuáles eran los problemas más importantes en la biología molecular...

Me encantaría saber exactamente qué dije en esa ocasión. Creo saber lo que pude haber dicho, pero mi memoria está tan sobrecargada con las ideas y los acontecimientos de los últimos años que no puedo confiar en ella. Ni creo, por lo que a mí respecta, que hayan sobrevivido mis notas para esta charla.

Sin embargo es probable que hablara de la importancia de los genes, de por qué se debía descubrir su estructura molecular, cómo podían estar constituidos por DNA (al menos en parte) y que lo más útil que podía hacer un gen, era dirigir la síntesis de una proteína, probablemente a través de un intermediario de RNA (Crick, 2008, pp. 25, 27 y 33).

Luego de la lectura proponemos sugerir a los alumnos algunas preguntas y actividades para trabajar en pequeños grupos.

Actividad

Para discutir

- ¿Cómo imaginan las características de la personalidad de Crick, a partir de su relato? ¿En qué medida se acercan a la imagen que ustedes tienen de un científico? Identifiquen semejanzas y diferencias entre ambas imágenes, tratando de explicar las razones.
- Del relato de Crick surge también un primer acercamiento a la actividad científica en la época de posguerra, en particular en el contexto de Gran Bretaña. Busquen información adicional para ampliar esta primera caracterización.
- Comparen las especulaciones científicas de Crick con lo que se presenta hoy como conocimiento científico aceptado. Pueden utilizar distintos libros de texto de Biología General.

Para profundizar

- A partir de la Línea de tiempo (*Timeline*) que propone el sitio DNAInteractive (www.dnai.org/timeline/index.html), identifiquen los grupos de investigadores que estaban trabajando en temas relacionados con el ADN entre los años 1950 a 1954. Les pedimos que elijan un formato (cuadro, ficha, infografía, etc.) para mostrar un panorama lo más completo posible, consignando sus nombres, los países, las instituciones y laboratorios en que trabajaban, sus temas específicos de investigación, los “experimentos cruciales”, así como cualquier otro dato que consideren importante.

- Ubiquen en la Línea de tiempo (*Timeline*), en la década anterior, la investigación de Oswald Theodore Avery y expliquen su relevancia en el esclarecimiento de las funciones biológicas del ADN.
- En ambos casos pueden utilizar otras fuentes de información complementaria en español. Si fuera así no olviden citarlas.

A continuación presentamos un texto que recupera la “carrera” de tres grupos de investigadores en la búsqueda e identificación de la estructura de la molécula de ADN. Se trata de la adaptación de un texto narrativo: “Los tres caminos hacia la doble hélice” escrito por Miguel de Assúa (2003) con motivo de las Bodas de Oro del ADN, al cumplirse el cincuentenario de su “descubrimiento”.

Fue entre otras cosas el método que utilizaron Watson y Crick el que les permitió llegar primero, como fue el método utilizado por Franklin el responsable de su parsimonia y fueron algunas limitaciones metodológicas con las que tropezó Pauling, las que quizás pudieron haber contribuido a que este equivocara la solución al problema que enfrentaban.

En los Estados Unidos estaba Pauling, el patriarca pionero, quien junto con Robert Corey había encontrado dos formas de la estructura molecular secundaria de las proteínas —la hélice Alfa y la “hoja plegada” o conformación Beta— entre muchas otras cosas (logró el Nobel de Química en 1954 y el de la paz en 1962). Pauling comenzó a trabajar sobre ADN en 1952. Su característico modo de atacar el problema consistía en hacer modelos, en los que era un reconocido experto, pero no tenía buenas fotografías de difracción. Pauling, por un error inexplicable, llegó a una estructura de tres cadenas. En una memoria sobre el descubrimiento del ADN, el químico no logra explicar del todo por qué pensó en tres y no en dos cadenas y se pregunta qué hubiera pasado si hubiera tenido acceso a las fotos del grupo de King’s College...

Si Pauling desplegaba una enorme potencia teórica, Franklin era una soberbia científica experimental. Pareciera que el abandono de su interés por un modelo (de ADN) de hélices se debió a que utilizaba una técnica de análisis cristalográfico muy especializada que le indicaba que no había evidencia “decisiva” para una hélice. Esto explicaría también por qué dejó de lado la famosa fotografía de la forma Beta del ADN, que en enero de 1953 otorgó a Watson la clave del asunto (Watson la vio sin consentimiento de Rosalind Franklin). Ella era una cristalógrafa extremadamente

profesional que aspiraba a resolver el rompecabezas no por tanteos ni modelos apresurados, sino por inspección de sus datos.

Con un enfoque similar al de Pauling actuaban Watson y Crick. Crick planeaba usar un enfoque de modelos y contrastarlo con los datos empíricos solo en segundo término. En cuanto a Watson, él mismo confiesa que sus conocimientos cristalográficos eran limitados y es evidente que se abría camino a golpe de intuiciones geniales. En su libro *La doble hélice*, Watson afirma que la utilización de modelos fue inspirada por Pauling: “La llave del éxito de Linus (Pauling) era que confiaba en las sencillas leyes de la química estructural. La hélice alfa no había sido hallada mirando imágenes de rayos X; el truco esencial, por el contrario, era preguntarse a qué átomos les gusta sentarse al lado de otros. En lugar de lápiz y papel, las principales herramientas de trabajo eran un equipo de modelos moleculares que superficialmente se parecían a los juguetes que usan los niños en el jardín de infantes”.

En síntesis, Pauling tenía la teoría pero datos de calidad dudosa, Franklin tenía magníficos datos pero desconfiaba de las hipótesis apresuradas, y Crick y Watson tenían la capacidad de imaginar modelos y acceso (por vías poco ortodoxas) a los datos del King's College...

En este momento de la secuencia didáctica proponemos que los estudiantes lean en clase textos narrativos e informativos sobre el tema científico elegido. Si bien en un principio estos textos pueden resultarles de difícil acceso, el docente puede ayudarlos a desarrollar estrategias que les permitan abordarlos paulatinamente con mayor éxito y autonomía. Sugerimos llevar a cabo una primera lectura general con toda la clase e introducir a continuación una actividad para realizar en tres grupos diferenciados.

Antes de comenzar la lectura, es importante que los estudiantes puedan anticipar el contenido del texto elegido, poniendo en juego sus expectativas e ideas acerca del tema.

Sería conveniente orientar el sentido de la lectura haciendo hincapié, cuando resulte posible, tanto en las preguntas o hipótesis de investigación de cada grupo de científicos, como en la descripción de los diseños experimentales que llevaron a cabo y de los resultados obtenidos.

Es importante que el docente explicita a sus alumnos que realizarán una primera lectura general del texto, para luego profundizar en el contenido de los párrafos asignados a cada grupo y extraer la información relevante. Del mismo modo, puede ser muy útil explicarles las

dificultades que pueden encontrar durante la lectura y acompañar ese proceso, es decir, leer algunos párrafos con ellos, detenerse en los de mayor densidad conceptual para preguntarles sobre sus dudas, solicitarles explicaciones e interpretaciones, de manera que los alumnos puedan reponer información que no tienen y que el texto da por conocida, explicar significados, dar ejemplos o “abrir” conceptos.

Otras estrategias para facilitar la comprensión durante la lectura pueden ser:

- *Escribir notas al margen*, para recuperar o localizar información, registrar cualquier idea que les sugiera el material; señalar los párrafos que no les quedaron claros, identificando los nuevos términos científicos o escribiendo en palabras la información presentada en un gráfico.
- *Aclarar aquellas partes que resulten confusas*, utilizando otros textos (diccionarios, enciclopedias, imágenes, etcétera), consultando a algún referente, discutiendo en grupo con los compañeros y el docente o complementando la información con observaciones del natural.
- *Formularse preguntas que permitan extraer la información central de cada texto*. El docente también puede formular preguntas orientadoras a la clase que permitan rescatar los aspectos relevantes de los hechos y procesos estudiados, tratando de evitar aquellas que conduzcan a una reproducción literal de fragmentos del texto. Conviene elegir cuestiones que propicien la búsqueda de la contextualización de los episodios elegidos, la descripción de situaciones, las explicaciones multicausales, la identificación de los distintos actores involucrados, de sus puntos de vista e intereses, la ubicación temporal y espacial, el reconocimiento de consecuencias, el establecimiento de relaciones pasado-presente, entre otras.

Es conveniente retomar lo leído en otras actividades para favorecer la construcción conceptual del contenido científico. Con este propósito, el docente puede proponer a sus alumnos algunas de las siguientes estrategias:

- *Sistematizar en grupo las discusiones y/o síntesis sobre los textos leídos y registrarlas en un mapa o red conceptual*, o en algún otro esquema visual que les facilite la organización de la información y muestre de manera sintética la red de conceptos y relaciones consensuada en la clase. A estos esquemas se pueden ir agregando nuevos interrogantes o volver en un momento posterior de la secuencia didáctica y añadir en otro color los cambios en sus ideas o nuevas ideas.

- *Identificar si en el texto se responde a algunas de las preguntas que se habían planteado, si coincide, amplía o se opone a lo que sabían acerca del tema, si propone nuevas interpretaciones y/o abre nuevos interrogantes.*

Actividad

- Reconstruir las biografías de los científicos involucrados en el texto asignado al grupo, a partir de los datos incluidos en la línea de tiempo de la actividad anterior, de la información que proporciona el texto narrativo que están trabajando y de nuevos datos biográficos que puedan relevar.
- Escribir algunas páginas del diario de uno de los investigadores asignados al grupo, rescatando las preocupaciones, convicciones y métodos de trabajo utilizados. Pueden ampliar la información del texto que están trabajando utilizando otras fuentes. En ese caso, es importante incluir las citas al final del texto.

Para saber más

- Les proponemos como actividad complementaria visitar la propuesta interactiva del sitio MLA style: "The Discovery of the Molecular Structure of DNA - The Double Helix", en http://nobelprize.org/educational/medicine/dna_double_helix/readmore.html. Allí encontrarán información accesible y actualizada, juegos interactivos, biografías, los discursos ofrecidos por los científicos que estamos estudiando en la ceremonia de entrega de los Premios Nobel y enlaces con otros sitios de interés. Como el sitio está en inglés, pueden utilizar algún traductor para los textos o solicitar ayuda a los profesores de Inglés.

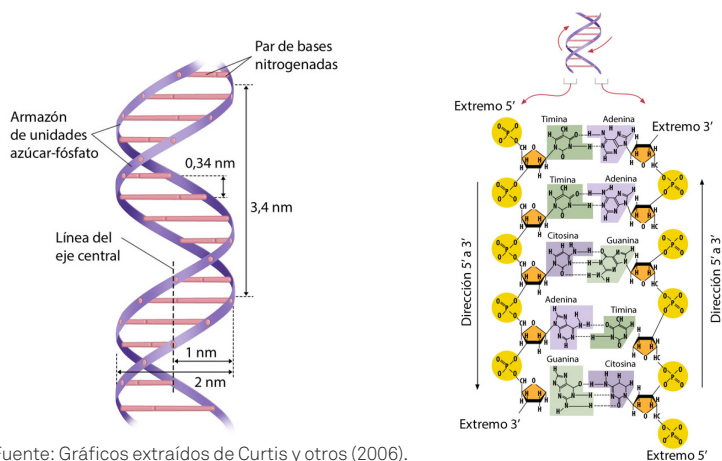
A continuación ofrecemos algunas actividades alternativas para trabajar con los estudiantes en paralelo con la lectura del texto.

Con el propósito de ayudar a los alumnos a afianzar sus conocimientos sobre las características de la estructura de la molécula de ADN y sus implicancias en la comprensión del proceso de replicación del material genético, les proponemos que construyan un modelo analógico tridi-

Recurso en Anexos:
Etapa: introducción
de nuevos puntos de
vista y ampliación
de la información:
Modelo tridimensional
de ADN.
(Página 90 y 91)

mensional de la molécula. Para ello incluimos en el Anexo de recursos el modelo concreto en papel y las orientaciones para construirlo.

Una vez finalizados los modelos, puede resultar muy interesante que los estudiantes los comparen con la figura que incluyen Watson y Crick en su publicación original (*Molecular structure of Nucleic Acids*) en la revista científica *Nature* en abril de 1953 y con los gráficos actuales incluidos en textos científicos, por ejemplo:



Fuente: Gráficos extraídos de Curtis y otros (2006).

Actividad

- Comparen el modelo tridimensional de ADN que construyeron con la figura incluida en el artículo científico original de Watson y Crick, identificando en ambos esquemas, por ejemplo, la posición de las bases, de los azúcares, la ubicación del eje, las proporciones de la doble hélice, etcétera. Pueden ampliar la información consultando el sitio web: www.elmundo.es/especiales/2003/02/salud/genetica/descifrar_la_vida.html

Una cuestión que valdría la pena rescatar durante la actividad es el significado estratégico de una frase incluida en el artículo científico, que va más allá de la modelización de la estructura molecular, arriesgando una interpretación sobre el papel del apareamiento de las bases en la copia del material genético. Crick lo dice así:

“No nos ha pasado por alto que el apareamiento específico que hemos postulado sugiere, de inmediato, un mecanismo de copia para el material genético”. Y agrega revelando algunos detalles de la intimidad de la escritura de su famoso artículo y de la forma en que se construyen las ideas científicas: “Esta afirmación fue calificada de ‘tímida’, palabra que pocos asociarían con los autores, al menos en su trabajo científico. De hecho no era más que un acuerdo con el que encubríamos ciertas diferencias de opinión. Yo quería que el artículo expusiera las implicancias genéticas. Jim estaba en contra.”

Para enriquecer la conceptualización llevada a cabo, sugerimos trabajar con los estudiantes la mirada complementaria de los artistas sobre la estructura del ADN. Crick afirmaba que *“lo que realmente se ha pasado por alto es la belleza intrínseca del ADN”*. Es probable que los aspectos estéticos hayan pasado desapercibidos para algunos, pero no para otros. Les proponemos visualizar la pestaña El arte y la hélice, ubicado en Cuentos del ADN en el sitio web: http://www.elmundo.es/es-especiales/2003/02/salud/genetica/descifrar_la_vida.html

En este momento de la secuencia recomendamos trabajar con los alumnos el video de una conferencia del científico Alberto Kornblihtt, en el que explica en una forma accesible las nociones de biodiversidad, herencia, estructura de ADN, mecanismos moleculares involucrados en la transmisión de la información genética y las relaciones entre genética y ambiente. Explica también, el enorme impacto de estos conocimientos a nivel social. Pueden acceder a la conferencia LOS GENES, LA EVOLUCIÓN Y NOSOTROS (en TEDx Buenos Aires) a través del siguiente link: <http://www.youtube.com/watch?v=fnG4I3hBJKY>

En esta propuesta didáctica no desarrollamos los temas que se abordan tradicionalmente en las clases de Biología (transcripción, traducción, síntesis de proteínas...), asumiendo que los alumnos podrían haberlos estudiado con anterioridad o tratarlos una vez finalizada la secuencia que presentamos. Según cuál sea la situación, el video seleccionado podría funcionar como una síntesis conceptual o una nueva apertura temática.

Para finalizar el trabajo en esta etapa proponemos analizar con los estudiantes una nueva línea de tiempo que incluye los desarrollos tecnocientíficos que posibilitaron aplicaciones con gran impacto social derivadas de los conocimientos derivados de la Biología Molecular. Les proponemos visualizar la pestaña Cronología en el sitio web: http://www.elmundo.es/especiales/2003/02/salud/genetica/descifrar_la_vida.html

De la estructura del ADN al impacto social de sus
aplicaciones tecnológicas. Una propuesta de enseñanza



Integración y aplicación de las ideas científicas escolares construidas

Para concluir la secuencia didáctica, en esta etapa proponemos volver a los casos iniciales desde una mirada enriquecida, ya que los alumnos han incorporado la perspectiva científica y de otros campos de conocimiento como la ética, el derecho o la historia, con el propósito de promover en los estudiantes la toma de decisiones informada y participativa a nivel ciudadano. En este sentido, las actividades de cierre propuestas promueven el análisis crítico, el debate, la integración y la aplicación de las ideas científicas escolares construidas como aportes para repensar, tanto el valor y los límites de la racionalidad científica, como sus implicancias sociales.

En cuanto al cierre de los casos, proponemos volver, una vez más, a las preguntas iniciales.

Con respecto al caso 1, estamos ahora en condiciones de completar la información para responder a la pregunta: *¿Qué relación podemos establecer entre las técnicas de análisis de ADN y los delitos cometidos durante la última dictadura militar?* Dejamos planteado que el análisis de ADN utilizado para establecer parentesco entre abuelos y nietos es una aplicación posterior derivada de la técnica original a partir de una demanda social. En esta etapa será necesario trabajar con los estudiantes parte del camino científico que llevó a la determinación del “índice de abuelismo”. A continuación, citamos dos fragmentos que reseñan etapas de este camino:

A partir de la década del 70, una vez afianzada la demostración de la paternidad y al realizarse en forma rutinaria el estudio de los nuevos sistemas de marcadores genéticos, fue posible proceder el diagnóstico del abuelismo, o sea la demostración del nexo biológico entre un niño y sus abuelos en ausencia de sus padres.

En 1984, Di Lonardo (Argentina), Darlu (Francia), Baur (Alemania), Orrego y King (Estados Unidos), presentan los fundamentos técnicos y estadísticos para la determinación del abuelismo y el primer caso de identificación de un niño desaparecido (Abuelas de Plaza de Mayo, 2008, pp. 179-181).

Para ampliar esta información, sugerimos consultar el Apéndice 1: Banco Nacional de Datos Genéticos: la identificación de los niños desaparecidos en la Argentina (1987) del libro antes citado.

El último aspecto a tratar se vincula con la forma en la que una demanda social funciona como motor para un desarrollo científico que

contribuye a reivindicar el derecho a la identidad, una *identidad integral* de construcción compleja que pone en relación el genoma y el ambiente.

Para ello proponemos trabajar algunos fragmentos del “Prólogo” del libro de Abuelas citado, donde el doctor Víctor Penchaszadeh⁶ dice:

Este libro reseña la increíble aventura protagonizada por las Abuelas y genetistas de diversos países, que trabajaron mancomunadamente para desarrollar por primera vez en el mundo el ya legendario “índice de abuelismo”, para probar la relación de parentesco genético entre los niños apropiados y sus abuelos biológicos [...]

Esta gesta comenzó en plena dictadura y transcurrió durante años en las principales capitales de mundo con las Abuelas haciendo de acicate permanente a los científicos, hasta que la formulación del “índice de abuelismo” dio su primer fruto con la identificación de Paula Eva Logares en 1984 [...]

Como genetista, me caben dos comentarios que considero esenciales en este tema. En primer lugar, no hay duda de que las Abuelas han dado a la genética una oportunidad única, la de redimirse como ciencia ante la sociedad. Ciertamente, la genética había tenido una triste historia durante el siglo pasado, pues estuvo asociada al racismo, a la discriminación, a la violación de derechos reproductivos en nombre de la “eugenesia” y hasta al genocidio. Pues bien, gracias a la gran oportunidad dada por las Abuelas, la genética ha podido ponerse del lado de los derechos humanos y posibilitar la efectivización del derecho a la identidad y la reparación a la grave violación de la apropiación de niños.

El otro comentario es de alguna manera complementario del primero y viene al cruce de lo que el reduccionismo y el determinismo genético están preconizando, es decir, representar al ser humano como una “máquina biológica”, minimizando el papel fundamental del medio ambiente en el desarrollo humano, exagerando el papel de los genes en la aparición de enfermedades y generando la falsa idea de que la personalidad, el carácter y las motivaciones psicológicas y sociales de las personas se deben a los genes. La experiencia relatada en este libro,

6. Profesor de Genética en la Escuela de Salud Pública, Universidad de Columbia, Nueva York. Consultor en Genética y Salud Pública, Organización Panamericana de la Salud, Buenos Aires.

sin embargo, hace justicia al concepto de que el desarrollo humano es la resultante de complejas interacciones entre el genoma y el medio ambiente que lo acompaña durante toda su vida. De la misma manera que no hay genes “criminales”, tampoco los hay responsables de las más sublimes características humanas, como el sentido de solidaridad y el ansia de justicia.

Así como la genética ha sido fundamental para que decenas de niños apropiados recuperen su identidad, su historia y sus derechos, es preciso reconocer que la identidad genética no es omnipotente, sino que interactúa con las identidades psicológica, cultural, histórica y social del ser humano, conformando en forma dinámica a lo largo de la vida lo que entendemos como identidad integral (Penchaszadeh, 2008).

Con respecto al caso 2, estamos ahora en condiciones de retomar la discusión y el debate para responder a las preguntas: *¿Por qué clonar seres vivos? ¿Puede ser la clonación la solución a muchos de nuestros problemas y el secreto de la inmortalidad?*

Para completar la información sobre la postura de la comunidad científica de nuestro país en relación con la clonación humana, sugerimos la lectura del *Segundo informe y recomendación sobre clonación humana* del Comité Nacional de Ética en la Ciencia y la Tecnología (CECTE, 2004); en particular, los siguientes fragmentos:

La clonación con fines reproductivos presenta riesgos técnicos y biológicos que la convierten en una práctica fuertemente desaconsejada. Sin embargo, estos riesgos resultan irrelevantes respecto de la clonación terapéutica.

En cuanto a la clonación con fines terapéuticos, debe recordarse que un embrión desarrollado in vitro, haya sido este producido por transferencia nuclear de células somáticas o por fecundación sexual, no puede completar su desarrollo a menos que sea reintroducido en el útero de una madre.

A pesar de que el embrión producido in vitro posee toda la información genética, carece de las condiciones ambientales para proseguir su desarrollo. Solo la implantación exitosa del embrión en el útero puede aportar la información ambiental y permitir que el embrión despliegue su potencialidad para convertirse en un ser humano. No puede dejar de destacarse que la disgregación de células embrionarias que se lleva a cabo en la clonación terapéutica se realiza a partir de un estadio temprano

del embrión llamado blastocisto, donde no hay aún diferenciación de tejidos ni de órganos, tampoco se han establecido los ejes de simetría, ni hay esbozo de sistema nervioso. Por consiguiente, está científicamente probado que un blastocisto humano in vitro que aún no fue implantado en un útero jamás podrá llegar a convertirse en un individuo humano.

Para enriquecer el debate en el aula será necesario incluir diferentes perspectivas, convocando otras voces y otros argumentos. Por ejemplo, se podría retomar la discusión con los estudiantes acerca de la ambigüedad del concepto de dignidad humana y resignificarlo. Para ello proponemos trabajar la película *Nunca me abandones*, adaptación del libro del mismo nombre de Kazuo Ishiguro. Esa película genera un territorio ficcional adecuado para conceptualizar la dignidad, desde una perspectiva que se opone a cualquier forma de sufrimiento humano, físico o emocional, aun tratándose de aquellos casos en que los humanos sean *clones humanos*.

En ese filme, los personajes tienen la capacidad de generar cierta complicidad y empatía con los espectadores posibilitando el proceso de ponerse en el lugar, en la piel de los clones, y así, comprender su humanidad. Además, permite capitalizar para la educación científica la estrecha relación entre emoción y razonamiento y la toma de decisiones a partir de *emociones razonadas*.

Sería interesante también que los estudiantes entrevisten a distintos perfiles, provenientes, por ejemplo, del campo de la filosofía, del derecho, representantes de distintos credos religiosos, etcétera. El diseño de las entrevistas debería retomar las preguntas centrales sobre la clonación humana, sin descartar aquellas que generan controversia para propiciar un debate plural y respetuoso.

Por último, otro recurso interesante es el humor, en muchos casos, constituye un reflejo de la percepción que existe en la población acerca de temas o problemas socialmente relevantes. Podemos considerar que el humor, al igual que las noticias, instala en la sociedad determinados temas e influye en las representaciones que se generan acerca de ellos. Por ello, otra posible actividad de integración y aplicación puede ser la búsqueda y el análisis de humor gráfico o tiras cómicas sobre la clonación y/o la investigación con células madre embrionarias que puedan abrir nuevas discusiones y poner en juego las ideas científicas escolares construidas sobre ciertas representaciones sociales de este tipo de problemáticas.

De la estructura del ADN al impacto social de sus
aplicaciones tecnológicas. Una propuesta de enseñanza

Bibliografía

- Abuelas de Plaza de Mayo** (2008): *Las abuelas y la genética. El aporte de la ciencia en la búsqueda de los chicos desaparecidos*, en www.abuelas.org.ar/material/libros/LibroGenetica.pdf
- Alzogaray, Raúl A.** (2004): *Una tumba para los Romanov (y otras historias de ADN)*, Buenos Aires, Siglo XXI.
- Astolfi, J. P.** (1998): “Desarrollar un currículo multirreferenciado para hacer frente a la complejidad de los aprendizajes científicos”, *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (3), 375-385.
- Assúa, Miguel de** (2003): “Los tres caminos hacia la doble hélice”, *Ciencia hoy*, 13 (76), agosto-septiembre.
- Botto, Juan L.** (coord.): (2006): *Biología. Educación Polimodal*, Buenos Aires, Tinta Fresca.
- Comité Nacional de Ética en la Ciencia y la Tecnología - CECTE** (2004): *Segundo informe y recomendación sobre clonación humana*.
- Crick, F. H. C. y J. D., Watson** (1953): “Molecular structure of Nucleic Acids”, *Nature*, 171, 737-738.
- Crick, Francis** (2008): *Qué loco propósito. Premio Nobel por el descubrimiento de la estructura del ADN*, Barcelona, Tusquets (Metatemas 19, 2ª edición).
- Curtis, Helena y otros** (2006): *Biología*, Buenos Aires, Médica Panamericana (6ta edición en español, formato CD).
- Declaración Universal de los Derechos de los Animales** (1997). Disponible en: www.me.gov.ar/efeme/diaanimal/derecho.html
- Fourez, G.** (1997): *Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*, Buenos Aires, Colihue.
- Ministerio de Educación de la Nación** (2010): *Pensar la Dictadura. Terrorismo de Estado en Argentina. Preguntas, respuestas y propuestas para su enseñanza*, en: <http://portal.educacion.gov.ar/secundaria/uncategorized/memorias-de-la-dictadura-terrorismo-de-estado-en-argentina/>
- Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación/Abuelas de Plaza de Mayo** (2004): *Puerto de Partida de las Abuelas de Plaza de Mayo*.
- Naciones Unidas, Asamblea General** (marzo 2005): *Resolución de las Naciones Unidas sobre la Clonación humana (A/RES/59/280)*, en: www.porunanuevaera.com/DOCUMENTOS/Internacionales/Sobre%20la%20clonacion%20humana.pdf
- Penchaszadeh, Víctor B.** (2008): “Prólogo” en Abuelas de Plaza de Mayo, *Las abuelas y la genética. El aporte de la ciencia en la búsqueda de los chicos desaparecidos*. Disponible en: www.abuelas.org.ar/material/libros/LibroGenetica.pdf.

Sidus (2004): “Bio sidus anuncia el nacimiento de pampero, el primer ternero transgénico para hgh del mundo” (información de prensa), en: www.sidus.com.ar/web/pressinfo.nsf/pag/nacimientopampero?Opendocument

Thagard, Paul (2006): *Hot Thought. Mechanisms and application of emotional cognition*, Cambridge, MIT.

Sitios web consultados

www.abuelas.org.ar (sitio web oficial de la Asociación Abuelas Plaza de Mayo).

www.dnalc.org (sitio web oficial del Centro de Aprendizaje Dolan, en inglés).

www.dnai.org (sitio web DNAInteractive del DNA Learning Center Home, en inglés).

www.nobelprize.org (sitio web oficial del Premio Nobel, en inglés).

www.elmundo.es (sitio web oficial del diario español *El Mundo*).

www.lanacion.com.ar (sitio web oficial del diario *La Nación*).

www.clarin.com.ar (sitio web oficial del diario *Clarín*).

Videos, películas y textos

Kornblihtt, Alberto (2010): *Los genes, la evolución y nosotros*, Buenos Aires, TEDx, en: <http://www.youtube.be.com/fnG4l3hBJKY>

Videos de empresas privadas sobre las principales fases para solicitar un análisis de ADN:

<http://www.youtube.be.com/MYrLI-J3nVs>

<http://www.youtube.be.com/t7DYnKTjsnc>

Video entrevista a Alec Jeffreys, el “inventor” de la huella dactilar de ADN (en inglés, en www.dnai.org/d/index.html). Ruta: Human identification - Profiling - The first DNA fingerprints (círculo central, clickear la primera opción V) - DNA variations and fingerprints (primer círculo, clickear la segunda opción V)

Bravo, Estela (dir.) (2007): *¿Quién soy yo?*

Spottiswoode, Roger (dir.) (2000): *El sexto día* (*The 6th day*).

Bay, Michael (dir.) (2005): *La isla* (*The island*).

Schaffner, Franklin J. (dir.) (1978): *Los niños del Brasil* (*The boys from Brazil*).

Romanek, Mark (dir.) (2010): *Nunca me abandones* (*Never let me go*).

Carpenter Alejo (1944): “*Viaje a la semilla*”. Varias ediciones disponibles.

Recursos web

- Animación sobre la técnica actual para la obtención de perfiles de ADN. Ruta: Human identification - Profiling – DNA variations and fingerprints (Primer círculo a la izquierda, clickear la primera opción A): www.dnai.org/d/index.html
- Arte y ADN. Ruta: Cuentos del ADN, El arte y la hélice: www.elmundo.es/especiales/2003/02/salud/genetica/descifrar_la_vida.html
- El descubrimiento de la estructura molecular del ADN – La doble hélice en el sitio web oficial del Premio Nobel (en inglés): http://nobelprize.org/educational/medicine/dna_double_helix/readmore.html
- Entrevista radial: reencuentro de padre e hijo en <http://perros.metro951.com/2010/02/26/un-hijo-un-padre-una-historia/>
- Línea de tiempo (Timeline) del sitio DNAInteractive (www.dnai.org/timeline/index.html),
- Gráfico interactivo sobre la clonación de una vaca. Ruta: Clonación animal: www.elmundo.es/elmundosalud/documentos/2006/04/clonaciones.html
- Línea de tiempo: Siglo y medio de genética. Ruta: Cronología: www.elmundo.es/especiales/2003/02/salud/genetica/descifrar_la_vida.html
- Puzzle de ADN: www.elmundo.es/especiales/2003/02/salud/genetica/descifrar_la_vida.html
- Testimonios de abuelas y nietos. Ruta: Material de consulta, opción Testimonios Abuelas – Testimonios nietos: www.abuelas.org.ar

De la estructura del ADN al impacto social de sus
aplicaciones tecnológicas. Una propuesta de enseñanza

Anexos

Caso 1: ¿Qué relación podemos establecer entre las técnicas de análisis de ADN y los delitos ocurridos durante la última dictadura militar?

La identidad develada por la genética
Materiales de trabajo/fuentes

1. Sobre los testimonios

1.a) Testimonio de nieto

“La confirmación genética no fue más que una felicidad interminable”
Horacio Pietragalla Corti conoció su origen el día en el que cumplía 27 años.

“Soy Horacio Pietragalla Corti y voy para allá”, fue lo que dijo hace cinco años, cuando llamó a Abuelas apenas supo los resultados de sus análisis de ADN. Jamás le habían dicho que era adoptado, pero grandes diferencias físicas, de gustos y personalidad fueron algunas de las pistas que despertaron sus dudas, además de los relatos contradictorios que recibía al preguntar a sus supuestos “padres”, por su identidad. “La confirmación genética no fue más que una felicidad interminable. Ese mismo día conocí a mi familia biológica. Fue tan fuerte, tan maravilloso, como si los hubiera esperado o buscado todos estos años. Comprobé el parecido con mi madre y mi padre, me enteré de la clase de personas que eran, de su lucha por un país más justo e igualitario y de la lucha de mis abuelos, mis primos y mis tíos por encontrarme”, dice Horacio.

www.abuelas.org.ar/material/testimonios/t004.htm.

1.b) Testimonio de abuela y nieto

Rosa de Roisinblit encontró a su nieto el 2 de junio de 2000

En este testimonio Rosa relata su participación en Abuelas, el secuestro de su hija y nieto, su búsqueda, el proceso de análisis de ADN en la identificación y restitución de su nieto y un análisis del contexto judicial, social, político, etc. de esa época y actual.

Rodolfo Pérez Roisinblit conoció su verdadera identidad en junio del año 2000

(Testimonios de Rosa de Roisinblit y Rodolfo Pérez Roisinblit en: www.abuelas.org.ar, enlace “material de consulta” opción Testimonios Abuelas – Testimonios nietos)

1.c) Testimonio de padre e hijo

Un hijo, un padre, una historia

Francisco es el nieto recuperado número 101. En este caso, el que buscaba desesperadamente a Francisco era Abel, su padre, el primer hombre en trabajar en Abuelas de Plaza de Mayo.

Francisco Madariaga Quintela es hijo de Silvia Mónica Quintela y Abel Pedro Madariaga, que durante más de 32 años vivió privado de su identidad.

Entrevista a Francisco y Abel Madariaga en “Perros de la calle”, programa conducido por Andy Kusnetzoff en la radio 95.1 Metro, 26 de febrero de 2010, en:

<http://perros.metro951.com/2010/02/26/un-hijo-un-padre-una-historia/>

1.d) Testimonios varios

¿Quién soy yo?

Año: 2007

Género: Documental

Directora: Estela Bravo

En este documental se recoge la historia de niños y jóvenes que, gracias a las Abuelas de Plaza de Mayo, pudieron recuperar su verdadera identidad. El film relata también los emocionantes juicios en los que fueron juzgados represores que cometieron delitos de lesa humanidad, incluido el robo de bebés.

Pueden verse los micros del documental en el sitio web www.abuelas.org.ar en “Material de Consulta” opción “Películas” o la película completa en el siguiente link:

<https://www.youtube.com/watch?v=UKHahYGEgW4>

2. Información sobre contexto histórico

Adaptación: Cuadernillo de orientación para docentes con propuestas didácticas para estudiantes de Nivel Medio o EGB 3 y Poli-

modal que acompaña el video: Puerto de Partida de las Abuelas de Plaza de Mayo. Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación/Abuelas de Plaza de Mayo. 2004.

¿Cuál fue el contexto histórico en que los niños fueron apropiados?

El 24 de marzo de 1976, la Junta de Comandantes en Jefe usurpó el gobierno constitucional por medio de un golpe de Estado e inició el llamado Proceso de Reorganización Nacional, que ejerció el poder en la Argentina hasta finales de 1983.

Si bien la represión clandestina y paraestatal se había desarrollado en la Argentina como una política desde mediados de la década de 1950 —siguiendo los lineamientos de “la Doctrina de Seguridad Nacional”—, la dictadura militar produjo un salto en la escala y magnitud de la represión. Las acciones de secuestro y asesinato realizadas por la Triple A y los primeros campos clandestinos instalados en la provincia de Tucumán dieron paso a una represión mucho mayor.

Como estableció la Comisión Nacional sobre la Desaparición de Personas (CONADEP) en 1984 y probó el Juicio a las Juntas Militares (1985), los crímenes de la dictadura fueron parte de un plan sistemático de represión clandestina cuyo eje fue la metodología de la desaparición forzada de personas. Se trató de una acción terrorista, planificada desde el Estado, destinada a la eliminación física de los considerados “subversivos”. El destino primero del secuestrado era la tortura, que se llevaba a cabo en alguno de los alrededor de 500 centros clandestinos de detención que funcionaron en esos años. Quienes sobrevivían a la tortura prolongada y sistemática eran en su mayoría “trasladados”, eufemismo que significaba su asesinato, decidido en el más alto nivel operacional.

Todas estas ejecuciones fueron clandestinas. En ocasiones, los cadáveres de las víctimas se ocultaban, enterrados en cementerios como N.N. en fosas comunes. En la mayoría de los casos, los desaparecidos eran arrojados vivos al mar luego de ser adormecidos con una inyección. La dictadura implantó, mediante la violencia y la propaganda grandilocuente, el terror y la parálisis. Las desapariciones fueron muchas pero el plan apuntaba a terrorizar al conjunto de la sociedad. Indefensa ante el Estado terrorizador se impuso la cultura del miedo.

La “desaparición”, forma predominante a través de la cual se ejerció la represión política, alcanzó a personas de todas las edades y condiciones sociales que fueron sometidas a la privación de su libertad y a la tortura, y entre ellas a **centenares de niñas y niños secuestrados con sus padres**

o nacidos en los centros clandestinos de detención adonde fueron conducidas las jóvenes embarazadas.

¿En qué consistió la apropiación de niños?

Además del secuestro de adultos, hubo un plan sistemático de apropiación de niños. Los niños robados o que las madres parían en los centros de detención fueron inscriptos como hijos propios por muchos miembros de la represión, vendidos o abandonados en institutos.

Durante la dictadura, los militares consideraban que la ideología que trataban de exterminar en los desaparecidos podía transmitirse a través del vínculo familiar. Por eso hacían desaparecer a sus hijos y entregaban la gran mayoría a familias de militares. Anular, borrar su identidad tenía como objetivo que no sintieran ni pensarán como sus padres, sino como sus enemigos.

El procedimiento de apropiación de menores se llevaba a cabo de diferentes maneras. Algunos fueron secuestrados junto a sus padres. Otros nacieron en el cautiverio de sus madres, que fueron secuestradas embarazadas. Luego del parto, los hijos eran separados de sus madres. Los niños eran entregados a familias que estaban en listas de familias de militares en “espera” de un nacimiento en esos centros clandestinos. Los niños robados como **“botín de guerra”** fueron inscriptos como hijos propios por los miembros de las fuerzas de represión, dejados en cualquier lugar, vendidos o abandonados en institutos como seres sin nombre N.N, o fraguando una adopción legal, con la complicidad de jueces y funcionarios públicos. De esa manera, los hicieron desaparecer al anular su identidad, privándolos de vivir con su legítima familia, de todos sus derechos y de su libertad.

Son centenares los menores que fueron privados de su identidad, familia e historia personal y criados como hijos propios por miembros de las fuerzas represivas (Marina, Ejército, Aeronáutica, Gendarmería y parapoliciales), además de los civiles, médicos, parteras y funcionarios de la Justicia cómplices que se los apropiaron mediante adopciones fraudulentas.

Dentro de esta coyuntura, hubo vecinos que se apropiaron de los niños impidiéndoles el conocimiento de su historia. Estos casos (cuando el niño fue localizado por Abuelas de Plaza de Mayo), se resolvieron por vía judicial que ordenó, tras las pruebas de histocompatibilidad sanguínea, la restitución a la familia.

Otras situaciones que se produjeron en este contexto fueron las siguientes:

- Hubo niños dejados con vecinos que ubicaron a sus familias para entregarlos.

- También hubo vecinos que, desconociendo a los familiares, protegieron a los niños hasta que lograron ubicarlos por medio de las Abuelas de Plaza de Mayo.
- Otros niños fueron entregados a instituciones públicas como NN y dados en adopción. Con posterioridad, algunos adoptantes, sospechando el posible origen del niño, se conectaron con Abuelas de Plaza de Mayo. En estos casos se consideró que actuaron de buena fe, y se mantuvo la convivencia con la familia adoptante en acuerdo con la familia de origen y en estrecho contacto entre las mismas. Estas situaciones se resolvieron sin intervención de la justicia.

¿Qué es Abuelas de Plaza de Mayo?

¿Qué podía hacer una madre o una madre-abuela cuando, en esta situación de terror, sus hijos y sus nietos “desaparecen” como si se los hubiera tragado la tierra? Nadie sabe, nadie responde, nadie se hace cargo.

Primero, la **búsqueda en soledad**, porque el miedo instalado en la sociedad y el slogan de que “en algo andaban” y “por algo será” condicionó la actitud hacia las familias directamente afectadas por el terrorismo de Estado. ¿Cómo hablar con los demás de algo que no tenía explicación o que era negado?

Pero esto duró poco. El sentido común y el amor rompieron la barrera del “secreto de familia” y se largaron a la calle, se encontraron con otras mujeres que lloraban bramando y pedían por lo mismo. Y el gesto más generoso fue **estrechar filas dándose las manos para caminar juntas**, desafiando el miedo, los riesgos, los malos consejos.

Nada ni nadie las detuvo para buscar a los hijos de sus hijos. Tareas detectivescas se alternaban con diarias visitas a los Juzgados de Menores, Orfelinatos, Casa Cunas, a la vez que investigaban las adopciones de la época. También recibían —y siguen recibiendo— las denuncias que el pueblo argentino les hace llegar, como una manera de colaborar en la tarea de ubicación de los pequeños.

La Asociación Civil Abuelas de Plaza de Mayo es una organización no gubernamental que tiene como finalidad **localizar y restituir** a sus legítimas familias todos los niños secuestrados desaparecidos por la represión política, y ayudar a crear las condiciones para que **nunca más se repita tan terrible violación de los derechos de los niños**, exigiendo castigo a todos los responsables.

Para su trabajo, la Asociación cuenta con equipos técnicos integrados por profesionales en los aspectos jurídico, psicológico, genético y social.

Cada uno de los niños tiene una causa abierta en la Justicia a la que se agregan las denuncias que se van recibiendo con el correr del tiempo y que conforman elementos probatorios que determinan su verdadera identidad y la de los responsables de su secuestro o tenencia ilícita.

3. Información sobre análisis de ADN

3.a) Análisis de ADN

Los siguientes videos muestran las principales fases para solicitar un análisis de ADN a una empresa:

www.youtube.com/watch?v=MYrLI-J3nVs&feature=related

www.youtube.com/watch?v=t7DYnKTjsnc&feature=related

3.b) Análisis de ADN

Alzogaray, Raúl A. (2004), *Una tumba para los Romanov (y otras historias de ADN)*, Buenos Aires, Siglo XXI, pp. 25-28.

En julio de 1985, el genetista inglés Alec Jeffrey y sus colaboradores (Universidad de Leicester) publicaron en la revista *Nature* un artículo donde proponían una manera novedosa de identificar personas y establecer relaciones de parentesco.

El procedimiento consiste en extraer el ADN de una muestra de tejidos humano (piel, sangre, cabello),¹ cortarlo en fragmentos de distintos tamaños y separarlos en un campo eléctrico. Luego se usa una pequeña porción de ADN radiactivo que se pega a los fragmentos del genoma, que llevan una secuencia específica variable de individuo en individuo. El resultado final es una placa radiográfica donde se observa una serie de bandas que recuerdan los códigos de barras usados para marcar los precios de las mercaderías. Similarmente a lo que sucede con las huellas digitales dactilares, cada persona presenta un patrón específico de bandas de ADN y difícilmente se encontrará en todo el planeta otra persona que presente exactamente el mismo patrón. Por esa razón, este método es comúnmente llamado la *huella digital de ADN*.

1. Las células de las raíces capilares contienen ADN.

Como las bandas se heredan de padres a hijos, todas las bandas que aparecen en la huella genética de una persona tienen que estar presentes en las huellas de algunos de sus padres. Esto resulta perfectamente adecuado para establecer relaciones de parentesco.

Uso de la huella digital genética para establecer relaciones de parentesco

Supongamos que una mujer demanda a un actor famoso. Ella afirma que tiempo atrás él la dejó embarazada. Ahora que es famoso y rico, ella ha decidido reclamarle una importante suma de dinero para mantener al hijo de ambos. El actor, que está casado desde antes de que naciera el supuesto hijo ilegítimo, está casi convencido de que la mujer miente y acepta que su familia se someta a una prueba genética. El laboratorio obtiene las siguientes huellas digitales de ADN. ¿El actor es el padre de la criatura?

actor	esposa	mujer	hija del actor	¿hijo ilegítimo?
—		—	—	—
—	—	—		—
	—		—	
	—		—	
—	—		—	
		—		—

Las huellas del actor, su esposa y la mujer son completamente diferentes, lo que indica que, como era de esperar, no hay parentesco biológico entre ellos. La hija del actor presenta cuatro bandas. La primera y la cuarta (contando desde arriba) aparecen en la huella digital de su padre, la segunda y la tercera aparecen en la huella digital de su madre. Sin lugar a dudas, ella es hija legítima del matrimonio.

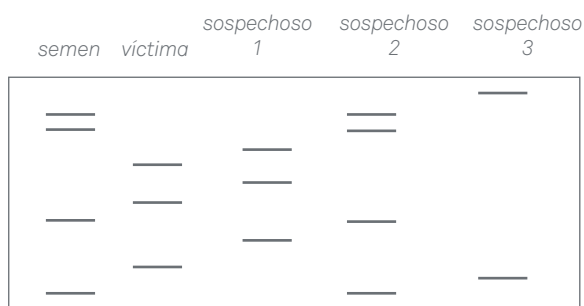
El hijo de la demandante presenta tres bandas. La segunda aparece en la huella digital de su madre, la primera y la tercera no aparecen ni en la huella de su madre ni en la del actor. Estas dos bandas provienen del padre del niño, que no es el actor.

La sangre, el semen y los cabellos de una misma persona dan exactamente los mismos patrones de bandas. Esto es aprovechado en los estudios forenses, ya que cualquiera de estos tejidos puede ser encontrado en la escena de un crimen.

Uso de la huella digital genética para identificar al culpable de un crimen

En el siguiente ejemplo, la huella digital genética de una muestra de semen encontrada en la vagina de una mujer violada es comparada con las huellas de la víctima y las de tres sospechosos.

¿Es alguno de ellos el culpable?



La huella del semen no comparte ninguna banda con la víctima. Esto indica que el semen fue bien separado del fluido vaginal y no está contaminado con ADN de la mujer atacada. Los sospechosos 1 y 3 son inocentes, pues no presentan ninguna banda en común con el semen. Las huellas del semen y del sospechoso 2, en cambio, son idénticas. Él es el culpable.

El primer uso que se le dio a la huella digital del ADN fue para demostrar una relación de parentesco. Un joven ghanés solicitó permiso para entrar en Inglaterra alegando que su madre vivía legalmente en ese país. Las autoridades de inmigración no le otorgaron el permiso, pensaban que mentía y que la mujer era en realidad su tía. El gobierno convocó a Jeffrey para ver si podía resolver el caso. Las huellas genéticas demostraron que el joven decía la verdad. El gobierno aceptó el resultado del análisis y

autorizó su ingreso en el país. Fue la primera vez en el mundo que un gobierno aceptó una prueba de ADN como evidencia.

Con el tiempo han aparecido muchas variantes de esta técnica, basadas en el estudio de distintas secuencias de ADN presentes en el genoma humano. Entre sus varias aplicaciones se cuentan la determinación de relaciones de parentesco, la identificación de restos encontrados en tumbas anónimas y el establecimiento de casos de culpabilidad o inocencia en casos criminales.

3.c) Entrevista a Alec Jeffreys, el “inventor” de la huella dactilar de ADN

Para visualizar la entrevista ingresar al link www.dnai.org/d/index.html y seguir la siguiente ruta: Human identification - Profiling - The first DNA fingerprints (círculo central, clickear la primera opción V) - DNA variations and fingerprints (primer círculo, clickear la segunda opción V).

3.d) Animación sobre la técnica actual para la obtención de perfiles de ADN en el sitio web DNA Interactive

Para visualizar la animación ingresar al link www.dnai.org/d/index.html y seguir la siguiente ruta: Human identification - Profiling - DNA variations and fingerprints (Primer círculo a la izquierda, clickear la primera opción A).

En el siguiente cuadro presentamos un breve glosario que puede utilizarse para facilitar la interpretación de la animación.

Huella genética: patrón de bandas resultante de un análisis de RFLP y que es característico de cada individuo.

Marcador genético: segmento de ADN con una ubicación física identificable en un cromosoma.

PCR: técnica in vitro que permite la obtención de millones de copias de un fragmento de ADN específico a partir de una pequeña cantidad de ADN mediante una reacción enzimática cíclica.

Perfil genético: combinación de los genotipos obtenidos para múltiples loci.

Polimorfismo: variación en el ADN entre individuos de una misma especie. Se dice que un locus es polimórfico cuando la variabilidad afecta a más del 1 por ciento de la población. Existen dos tipos de polimorfismos: a) de longitud: los alelos de un locus se diferencian entre ellos por el número total de bases que lo componen; b) de secuencia: los alelos de un mismo locus se diferencian en la base (A, C, G o T) presente en una o más posiciones concretas.

Polimorfismo de un solo nucleótido: variación de una sola base en una posición concreta del ADN. En el ADN humano se han descrito más de dos millones y se ha estimado que ocurren con una frecuencia aproximada de 1 SNP por cada 1.000 nucleótidos.

RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism): variaciones en la secuencia de un determinado locus que afectan al sitio donde una enzima de restricción corta un segmento de ADN y que, por tanto, determinan el tamaño de los fragmentos que resultan del corte.

Satélite: unidad de repetición de 1.000-10.000 nucleótidos. Minisatélite: unidad de repetición de 7-100 nucleótidos. Microsatélite: unidad de repetición de 2 a 6 nucleótidos.

Secuencia repetida en tándem: región de ADN repetitivo constituida por una secuencia determinada que se repite consecutivamente, una detrás de la otra, un número variable de veces. Atendiendo al tamaño de la unidad de repetición, estas secuencias se denominan satélites, minisatélites o microsatélites.

SNP (Single Nucleotide Polymorphism): polimorfismo de un solo nucleótido. Los SNP son empleados para identificar víctimas de catástrofes naturales (como el tsunami que se produjo en el océano Índico a fines de 2004), casos de pescadores desaparecidos en el mar o víctimas de atentados.

STR (Short Tandem Repeats): microsatélite.

VNTR (Variable N Number of T Tandem R Repeats): minisatélite.

Caso 2: ¿Por qué clonar seres vivos? ¿Puede ser la clonación la solución a muchos de nuestros problemas y el secreto de la inmortalidad?

Materiales de trabajo/fuentes

1. Películas sobre clonación

Películas



1.a) Película: *El sexto día* (*The 6th day*). Año 2000.
Dirigida por Roger Spottiswoode.

Un mundo futuro, utópico, donde la clonación es una de las primeras industrias. Gracias a la clonación, entre otros beneficios, las personas disfrutan de bancos de órganos listos para serles trasplantados o existe un servicio de clonación de mascotas. Pero hay un límite: se trata de la Ley del Sexto Día, basada en la Biblia, que no permite la clonación humana. Esa regla será incumplida por una ambiciosa empresa de genética que clona al piloto Adam Gibson, un sencillo padre de familia, quien, una noche al regresar a casa del trabajo, se encuentra con que ha sido reemplazado por alguien idéntico a él (su clon). Cuando los creadores de su réplica descubran que Adam no ha muerto en el accidente que ellos mismos provocaron, la empresa intentará eliminar al original.



1.b) Película: *La isla* (*The island*). Año 2005.
Dirigida por Michael Bay.

Lincoln Eco-Seis y Jordan Delta-Dos se encuentran entre los cientos de residentes de un complejo cerrado a mediados del siglo XXI. Al igual que todos los habitantes de ese entorno cuidadosamente vigilado, todo en sus vidas cotidianas está controlado, aparentemente y según les repiten, por su propio bien. La única salida —y la esperanza que todos comparten— es ser elegidos para ir a “La isla”, el último rincón sin contaminar del mundo tras un desastre ecológico que, según se dice, se cobró las vidas de todos los habitantes del planeta, excepto las de ellos.

Lincoln descubre que todo sobre su existencia es mentira, que La Isla es un cruel engaño y que él, Jordan, y todos aquellos a los que conocen son más valiosos muertos que vivos. Sin tiempo que perder, Lincoln y Jordan emprenden una arriesgada huida a un mundo exterior que nunca han conocido. Una vez que están en el exterior, descubren que son clones de personajes famosos a los que intentan buscar. Mientras tanto, las fuerzas del complejo los persiguen para eliminarlos.

1.c) Película: *Los niños del Brasil* (*The boys from Brazil*). Año 1978. Dirigida por Franklin J. Schaffner.

A finales de los años setenta, el “cazador de nazis” Ezra Lieberman inicia una compleja y arriesgada investigación. Meticulosas indagaciones y un infatigable trabajo serán las claves para revelar los espeluznantes planes del doctor nazi Josef Mengele, relacionados con experimentos sobre la clonación humana.

Fragmento de la película en el que se explica detalladamente el proceso de clonación (en castellano): <https://www.youtube.com/watch?v=Eo45trxXpME>



2. Información sobre los avances mundiales sobre clonación

Artículos periodísticos

2.a) *La Nación* (Chile). Lunes 5-6-06.

Creador de oveja Dolly propone clonar bebés para prevenir enfermedades

El creador de la oveja Dolly, el profesor Ian Wilmut, propuso la clonación genética de bebés para prevenir enfermedades hereditarias graves.

Wilmut, que escribió un libro titulado *After Dolly (Después de Dolly)* junto al editor de ciencia del periódico *Daily Telegraph*, Roger Highfield, indicó que cuando las técnicas de clonación demuestren ser seguras, la sociedad debería considerar clonar genéticamente a bebés para prevenir enfermedades serias.

El profesor de la Universidad de Edimburgo, en Escocia, considera que para clonar a un embrión humano en un laboratorio se tratan unas 100 células, y ese procedimiento no es el mismo que se utilizaría para clonar a una persona.

Este último proceso, que Wilmut llama “transferencia del núcleo celular”, fue el que utilizó el científico en el Instituto Roslin para crear a la oveja Dolly, en 1996.

El procedimiento de clonación también hizo posible pasar datos genéticos precisos a otras células, como demostró en 1997 cuando su equipo presentó a Polly, una oveja alterada genéticamente.

“Los médicos deberían poder ofrecer a las parejas que se someten a tratamientos de fertilización asistida (IVF) la oportunidad de concebir con métodos que corrijan deficiencias genéticas a partir de la clonación”, afirmó.

El bebé creado sería idéntico al embrión original creado, pero sin los genes que podrían generar enfermedades hereditarias.

En su libro *After Dolly*, Wilmut concluye que una vez que ese procedimiento sea mejorado y resulte seguro, no será considerado inmoral o anti-ético ya que evitará enfermedades graves en el bebé.

El profesor está trabajando en la actuali-

dad con expertos del Instituto de Psiquiatría de Londres, para clonar embriones de personas con la enfermedad neuromotriz ALS, y de esta forma conseguir que embriones libres de esa condición grave.

<http://www.lanacion.cl/noticias/creador-de-oveja-dolly-propone-clonar-bebes-para-prevenir-enfermedades/2006-06-05/102120.html>

2.b) *La Nación* (Argentina), sección Ciencia/Salud.
Miércoles 07-06-06.

Sus fines serán estrictamente terapéuticos

Harvard buscará clonar embriones humanos

Los experimentos se harán con fondos privados, ya que el gobierno de los Estados Unidos desaprueba este tipo de estudios

WASHINGTON (EFE y AP).

Investigadores de la Universidad de Harvard dijeron ayer que habían iniciado proyectos para crear células madre mediante la clonación de embriones humanos. De esta forma, se suman a la competencia entre un pequeño grupo de científicos dedicados a esa controvertida tarea. Para eludir las restricciones a ese tipo de investigación establecidas por el gobierno federal de los Estados Unidos, recurrirán a fondos privados.

“Nuestra meta a largo plazo es la creación de células madre de embriones a partir de los tejidos de los pacientes para corregir defectos genéticos y volver a insertar las células reparadas en los pacientes”, dijo en conferencia de prensa George Daley, del

Hospital de Niños de Boston.

Las células madre tienen la capacidad de desarrollarse como células de cualquier tejido del cuerpo, y los investigadores creen que su uso podría contrarrestar las enfermedades que derivan de deterioros celulares, como el mal de Alzheimer, que afecta el tejido cerebral.

La investigación en esta área de la ciencia es muy controvertida porque las células madre más aptas para los experimentos se obtienen de embriones, y quienes creen que el ser humano existe como persona desde el instante mismo de la concepción se oponen a su uso.

En 2001, la administración del presidente George W. Bush aprobó la investigación

de células madre, pero solamente con un grupo limitado de cepas ya obtenidas hasta entonces, y prohibió el uso de fondos del gobierno federal para la investigación con células madre nuevas.

El presidente de Harvard, Lawrence Summers, dijo ayer que la aprobación del trabajo de investigación "es un paso fundamental dentro de los esfuerzos de la universidad para avanzar en esta área prometedora de la ciencia y cumplir las promesas, tan pronto como sea posible, a los incontables pacientes que sufren de diabetes, mal de Parkinson, enfermedad cardíaca, cáncer y otras".

Un problema filosófico

Dos equipos trabajarán en este proyecto, uno de los cuales se enfocará en la diabetes y el otro, en las enfermedades de la sangre. Douglas Melton, director del Instituto de Células Madre de Harvard, que dirigirá el primer equipo, señaló: "Todas las células humanas, aun los espermatozoides y óvulos tomados por separado, están vivos. La cuestión relevante es: ¿cuándo empieza la persona?".

"Es un problema teológico o filosófico válido, pero desde la perspectiva científica, este trabajo contiene el potencial enorme de

salvar vidas, curar enfermedades y mejorar la salud de millones de personas", añadió.

La extracción de las células madre requiere la destrucción de un embrión humano, aunque se trata de un blastocisto compuesto por apenas unos cientos de células. Los investigadores de Harvard usarán técnicas de clonación para hacer embriones de un día de existencia que puedan usarse como fuentes de células madre.

"La realidad del sufrimiento de las personas con esas enfermedades supera, en mucho, el potencial de los blastocistos que jamás serán implantados y a los que jamás se les permitirá que maduren en la gestación aunque nosotros no hiciésemos esta investigación", dijo Melton.

Los investigadores, que realizaron su anuncio ayer en una conferencia de prensa celebrada en la Universidad, usarán una técnica llamada transferencia nuclear, que involucra la remoción del núcleo que contiene el ADN de óvulos y su reemplazo con el núcleo de células somáticas.

La célula resultante se somete a un compuesto químico o una carga eléctrica que inicia la división celular y la creación de un embrión que es, genéticamente, idéntico al donante del núcleo.

2.c) La Nación (Argentina), sección Ciencia/Salud. Miércoles 18-01-08.

En los Estados Unidos

Clonar el primer embrión a partir de una célula humana

Antes se usaron células embrionarias

Un laboratorio estadounidense anunció ayer que por primera vez logró clonar un embrión humano a partir de células de la piel de dos varones adultos. Este avance permitiría en un futuro no tan lejano utilizar esos embriones como fuente de células madre “a medida” para tratar enfermedades crónicas en cualquier paciente.

Hasta ahora, solo un equipo de investigadores había logrado clonar un embrión humano. Para el experimento, científicos de la Universidad de New Castle, en el Reino Unido, utilizaron en 2005 células madre de embriones humanos, que son las células a partir de las que se desarrollan los tejidos del organismo. Pero, a pesar del éxito logrado entonces, la técnica utilizada carecía de practicidad dado que ese tipo de células progenitoras no están siempre disponibles.

En 2004, el coreano Hwang Woo-suk había asegurado ser el primero en producir embriones humanos clonados y en extraer de ellos células madre embrionarias, antes de admitir que sus trabajos eran un fraude.

El nuevo embrión, en cambio, solucionaría ese problema: se crearían embriones “temporarios” para extraerles las células madre embrionarias, que se podrían transformar en tejido útil para tratar a un paciente sin

riesgo de que lo rechace.

El trabajo del equipo del laboratorio Stemagen, con sede en La Jolla, California, comenzó mientras buscaba obtener células madre embrionarias para tratar enfermedades incurables, según explican los investigadores en el artículo publicado ayer en la revista *Stem Cell*.

Los investigadores explican que mediante el uso de células de la piel de dos hombres adultos y 25 ovocitos donados de 3 mujeres jóvenes bajo tratamiento de fertilidad, obtuvieron 5 embriones humanos.

Tras realizar las pruebas de laboratorio necesarias para verificar los resultados, el equipo confirmó con total certeza que 3 de esos 5 embriones eran clones de los dos hombres porque contenían ADN de la célula de la piel extraída de cada donante. Esto demuestra que esa célula se reprogramó para transformarse en un embrión.

Pero lo más importante fue que uno de esos 3 embriones contenía ADN mitocondrial de la mujer donante del ovocito. Esto aportó la prueba definitiva de que la técnica había funcionado.

“Este estudio demuestra por primera vez que con la transferencia nuclear de células somáticas se pueden crear blastocistos

humanos clonados con núcleos diferenciados de donantes adultos, remodelados y programados por ovocitos humanos”, señaló el autor principal del estudio, Andrew French.

En tanto, en el Reino Unido, dos equipos científicos recibieron ayer licencia gubernamental para reprogramar células de piel humana y otro tipo de células adultas mediante ovocitos de vacas o conejas.

Cómo fue el procedimiento

Se les extrajeron células de la piel a dos hombres adultos y se obtuvieron 25 óvulos donados de tres mujeres jóvenes.

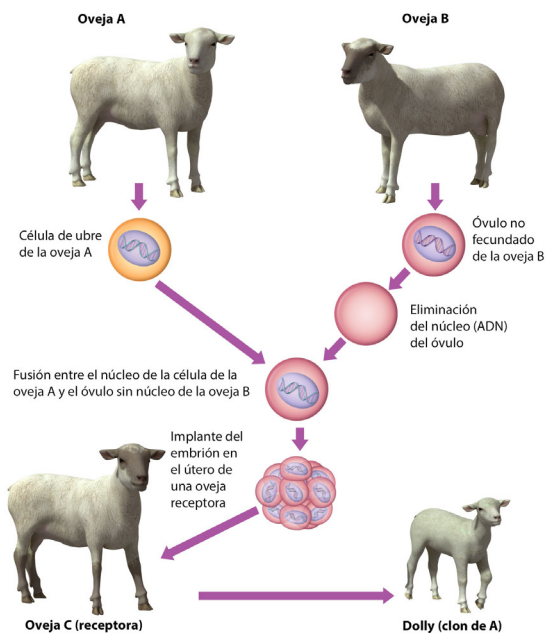
Se reemplazó el núcleo de los óvulos por el de las células de la piel.

Se obtuvieron 21 embriones humanos, pero solo 5 sobrevivieron hasta la etapa embrionaria llamada blastocisto. Uno solo tenía el ADN de la célula de la piel masculina y de la célula femenina.

www.lanacion.com.ar/979803-clonan-el-primer-embrion-a-partir-de-una-celula-humana

3. Información sobre la técnica de clonación de la oveja Dolly y los principales hitos históricos de la clonación de seres vivos

3.a) Esquema gráfico sobre la clonación de Dolly



3.b) Información sobre los principales hitos de la clonación

Hitos camino a la clonación

1902. Hans Spemann, científico alemán, logró dividir en dos a un embrión de salamandra y pudo demostrar que las células embrionarias tienen toda la información genética que se necesita para crear un nuevo organismo.

1952. Thomas J. King y Robert Briggs consiguieron clones de ranas con la transferencia nuclear a partir de un estado embrionario.

1984. Steen Willadsen, científico danés, obtuvo una oveja clon a partir de células embrionarias.

1996. Nació la oveja Dolly, el primer mamífero obtenido a partir de células adultas. Ese año nacieron los primeros monos clones en EE.UU.

1998. Tres investigadores de la Universidad de Hawái clonaron 50 ratones a partir de células adultas

Enero de 2001. En Gran Bretaña, la Cámara de los Lores autorizó la clonación de embriones humanos de menos de 14 días con fines terapéuticos.

Julio de 2001. Una empresa de biotecnología de la Argentina anunció que lograron embarazar a seis vacas con fetos obtenidos por medio de la clonación.

Julio de 2001. Con el apoyo del presidente de los Estados Unidos, George Bush, la Cámara de Representantes dio media sanción al proyecto de ley que impide cualquier tipo de clonación, incluso las que tienen fines terapéuticos. De ser sancionada por el Senado, la ley castigará con hasta 10 años de prisión y multas de un millón de dólares a quienes usen la técnica.

Agosto de 2001. En Washington, científicos anuncian que pronto nacerá el primer bebé clonado.

Febrero de 2002. La Cámara de los Lores británica autoriza la clonación de embriones con fines terapéuticos y la creación del primer banco de células embrionarias.

Noviembre de 2002. El Vaticano condena la clonación de embriones humanos.

Diciembre de 2002. Clonaid, una compañía de la secta de los raelianos, anuncia la clonación del primer bebé humano.

Febrero de 2003. Dolly muere al recibir una inyección letal. Le habían descubierto signos de una enfermedad pulmonar.

Diciembre de 2003. Científicos de Advanced Cell Technology en Worcester, Massachusetts (EEUU), dicen haber clonado un embrión humano de 16 células.

Febrero de 2004. Investigadores surcoreanos y estadounidenses publican en *Science* el primer estudio realizado con células madre extraídas de embriones humanos obtenidos por clonación.

Clarín.com, jueves 12-02-04, en
<http://edant.clarin.com/diario/2004/02/12/um/m-707189.htm>

4. Información sobre la clonación en la Argentina

4.a) Artículo de divulgación científica sobre los primeros mamíferos clonados en la Argentina

Información de Prensa. Diciembre 2004

BIO SIDUS ANUNCIA EL NACIMIENTO DE PAMPERO, EL PRIMER TERNERO TRANSGÉNICO PARA HGH DEL MUNDO.

De Pampa a Pampero: un camino recorrido con éxito

Nuestro primer paso hacia la obtención de animales transgénicos para su uso en la industria farmacéutica fue el nacimiento de Pampa, una ternera de Raza Jersey y primer clon bovino nacido en Latinoamérica. Así, a partir de una célula somática (célula adulta) de un animal se pudo obtener otro con idéntica información genética. Contar con esta metodología permitió en el laboratorio introducir genes de interés farmacéutico para producir clones bovinos transgénicos.

Nació así Pampa Mansa, una vaca también de Raza Jersey que porta el gen de la Hormona de Crecimiento Humana. La construcción genética que se ha introducido en todas las células de este clon bovino posee elementos genéticos que permiten que este gen sea solamente “encendido” en la glándula mamaria del animal. Pampa Mansa produce así grandes cantidades de Hormona de Crecimiento Humana en su leche de altísima calidad farmacéutica.

Una vez afianzado este importante paso tecnológico, los esfuerzos se dirigieron a la creación de un Tambo Farmacéutico destinado a producir Hormona de Crecimiento a una escala productiva orientada a suplir las demandas de una vasta población mundial.

Con este objetivo Bio Sidus se propuso, dada la buena productividad de Pampa Mansa, obtener clones de la misma. Para ello se partió de células de oreja y se implementó la misma metodología utilizada para obtener a Pampa. En enero de 2004 comunicábamos el nacimiento de

dos clones de clon transgénico, Pampa Mansa II y Pampa Mansa III, réplicas absolutas del clon original y comienzo de la etapa de expansión del rodeo. Ya están en camino, siguiendo el mismo procedimiento, Pampa Mansa IV, V, VI, etc.

Hoy asistimos al nacimiento de PAMPERO, el primer vacuno transgénico macho. Este animal posee en sus células germinales el gen de Hormona de Crecimiento Humana proveniente de Pampa Mansa, ya que es el producto de la fecundación de un óvulo de Pampa Mansa con un espermatozoide de un toro calificado. Este animal aportó el esperma con que fue fecundada Pampa Mansa luego de someterse a un tratamiento hormonal de superovulación. Los óvulos fueron fecundados y luego de 7 días los embriones fueron removidos por lavado uterino para transferirlos a vacas receptoras. Este procedimiento ha sido repetido varias veces durante este año, y este mes comienzan los tan esperados nacimientos.

De estos, el 50% corresponderán a animales transgénicos, de los que la mitad además de transgénicos, serán machos. Pampero es el segundo animal nacido durante esta etapa, y el primero que porta el gen de hGH heredado de Pampa Mansa.

4.b) Artículo periodístico sobre el primer toro clonado en nuestro país.

Argentina.ar (Argentina en noticias). **Ciencia y Educación**, 07 de julio de 2009

Histórica clonación de un toro Brangus

Se trata de un ternero que nació en Chascomús, convirtiéndose en el primer toro clonado de la raza Brangus en el mundo. La clonación fue realizada por investigadores de la Universidad de San Martín y el Conicet.

Ciruelo es un ternero de ojos dulces y ánimo juguetón, casi como todos. Con poco más de dos semanas de vida, toma ocho

litros de leche enriquecida con vitaminas y crema por día. ¡Y engorda un kilo cada 24 horas!



IBB-INTECH-UNSAM-CONICET

Pero hay una diferencia: Ciruelo no nació de una vaca servida por un toro ni por inseminación artificial... Es la copia idéntica de un animal premiado por la Sociedad Rural, obtenida por clonación. El primer bovino clonado en el país en una universidad nacional, y el primero del mundo de la raza Brangus.

El logro, un avance tecnológico de alto nivel, fue alcanzado por investigadores del Laboratorio de la Reproducción en el Instituto de Investigaciones Biotecnológicas del Instituto Tecnológico de Chascomús (IIB-Intech), perteneciente a la Universidad de San Martín y el Conicet.

La historia comenzó hace alrededor de dos años, cuando Rodolfo Ugalde, jefe del equipo de científicos que llevarían adelante la tarea, le planteó este desafío a su becario Adrián Mutto. “Me dijo que había productores interesados en clonar animales de alto valor genético y me preguntó si estábamos en condiciones de hacerlo —recuerda Mutto, licenciado en biotecnología que la semana próxima recibirá su título de doctor—. Con los veterinarios Germán Kaiser y Nicolás Mucci no dudamos en decirle que sí.”

La conveniencia de semejante opera-

ción, dice Mutto, es fácil de comprender: si todo sale bien, en lugar de tener un macho de 300.000 pesos o una hembra que produce 20 embriones por temporada, uno tiene dos de cada uno.

En este caso, el toro fundador proviene del Centro de Inseminación Artificial La Elisa y de la empresa ARG Natural Beef. Ellos financiaron el proyecto, que costó unos 150.000 dólares, y la universidad puso el conocimiento.

En 2007, los científicos fueron hasta un campo del Chaco y tomaron muestras de alrededor de un centímetro de diámetro de células de la oreja de machos y hembras campeones elegidos.

Una vez realizado el cultivo primario, guardaron los fibroblastos (células del tejido conectivo) en un tambor de nitrógeno líquido, a 196 grados bajo cero. “A esa temperatura pueden mantenerse años”, acota Mutto. Y enseguida agrega: “Cuando decidimos usarlas, las descongelamos, las volvimos a la temperatura normal de los bovinos (que es de 38°5) y quedaron *stand by* esperando la clonación”.

Una receta compleja

Una vez llegados a este punto y dado que se trataba de generar una copia idéntica del animal fundador (es decir, prescindir del material genético que normalmente aporta el otro integrante del binomio indispensable para lograr un embrión en la reproducción natural o artificial), los investigadores necesitaban óvulos de vaca.

“Los conseguimos a partir de ovarios de matadero —explica—. Esos óvulos tienen su propio material genético, que extrajimos por micromanipulación.”

Con el mismo micromanipulador, un equipo de difícil manejo que exige unos seis meses de práctica para dominarlo porque trabaja en dimensiones de diez nanómetros (10.000 millonésimas de metro), los científicos introdujeron “a la fuerza” en el óvulo el fibroblasto del animal que querían clonar y los fusionaron con un pulso eléctrico.

“[Para hacerse una idea de la dificultad de la operación, baste con mencionar que] la célula mide 15 micrones [o millonésimas de metro] y se introduce en el espacio perivitelino, que queda entre la membrana pelúcida y la plasmática —detalla Mutto—. Para que el núcleo de la célula con la información genética ingrese en el óvulo y se fusione, se le aplica un pulso eléctrico de 1600 voltios por centímetro cuadrado. Después de verificar que resultó, tenemos que ‘hacerle creer’ al núcleo del fibroblasto que es un embrión; es decir, tenemos que hacerlo retroceder a un estadio anterior de su desarrollo, algo que se llama ‘activación embrionaria’. Luego, poner todo eso en un medio de cultivo e inducirlo a que se divida; es decir, imitar las señales químicas que ocurren durante una gestación natural.”

El cultivo in vitro dura siete días, tras los cuales los embriones que llegaron al estadio de blastocisto (una esfera microscópica de entre 50 y 200 células) son insertados en un animal receptor que se “sincroniza” hormonalmente para que lo acepte.

“Implantamos entre 15 y 20 embriones y logramos cinco preñeces de Ciruelo — cuenta Mutto, que trabaja en mejoramiento

genético desde hace más de 12 años, y hace siete que se especializó en clonación y transgénesis—. Al día 60 de gestación, teníamos 3; al día 120, ya teníamos dos; al octavo mes, nos quedamos con una sola, y al día 280 hicimos la cesárea.”

Ciruelo, que sigue a sus veterinarios como si fueran sus padres y pronto se juntará con otros de su especie, nació el 20 de junio con algunos problemas respiratorios, todos hoy superados.

Sin duda, se trata de un logro de nivel internacional que representó todo un desafío. Sobre sus dificultades, Mutto bromea: “Estuvimos en neonatología tres días sin dormir. ¡Trabajar en esto es un parto!”.

Los protagonistas

- En la clonación de Ciruelo participó un equipo formado por profesionales del más alto nivel.
- Adrián Mutto, Germán Kaiser y Nicolás Mucci, del Instituto de Investigaciones de Chascomús, de la Universidad de San Martín y el Conicet, fueron los tres “padres” del ternero, que se ocuparon de generar el embrión y vigilar la gestación.
- El doctor Bruno Rutter, titular de Obstetricia de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Buenos Aires, fue el encargado de practicar la cesárea.
- Susana Wacholder, considerada una eminencia en América latina, fue la neonatóloga que se ocupó de atenderlo durante los primeros días tras el parto y resolver los problemas pulmonares que lo aquejaron.

Fuente: *La Nación*

<http://argentina.ar/2009/07/07/ciencia-y-tecnologia-4970-historica-clonacion-de-un-toro-brangus.php>

5. Aspectos y reflexiones éticas con respecto a la clonación humana

Resolución de las Naciones Unidas sobre la Clonación humana

NACIONES UNIDAS
A/RES/59/280



Asamblea General

Distr. general
23 de marzo de 2005

Quincuagésimo noveno período de sesiones
Tema 150 del programa

Resolución aprobada por la Asamblea General

[sobre la base del informe de la Sexta Comisión (A/59/516/Add. 1)]

59/280. Declaración de las Naciones Unidas sobre la Clonación Humana

La Asamblea General,

Recordando su resolución 53/152, de 9 de diciembre de 1998, en la que hizo suya la Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos.²

Aprueba la Declaración de las Naciones Unidas sobre la Clonación Humana que figura en el anexo de la presente resolución.

*82ª sesión plenaria
8 de marzo de 2005*

2. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, *Actas de la Conferencia General, 29ª reunión, París, 21 de octubre a 12 de noviembre de 1997*, vol. 1, *Resoluciones*, resolución 16.

Anexo

Declaración de las Naciones Unidas sobre la Clonación Humana

La Asamblea General,

Guiándose por los propósitos y principios de la Carta de las Naciones Unidas,

Recordando la Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos, aprobada por la Conferencia General de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura el 11 de noviembre de 1997,³ y en particular su artículo 11, según el cual no deben permitirse las prácticas que sean contrarias a la dignidad humana, como la clonación con fines de reproducción de seres humanos,

Recordando también su resolución 53/152, de 9 de diciembre de 1998, en la que hizo suya la Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos,

Consciente de los problemas éticos que algunas aplicaciones de las ciencias biológicas en rápida evolución pueden plantear con respecto a la dignidad del género humano, los derechos humanos y las libertades fundamentales de la persona, Reafirmando que la aplicación de las ciencias biológicas debe tratar de mitigar los sufrimientos y mejorar la salud de la persona y la especie humana en general,

Haciendo hincapié en que el avance científico y técnico de las ciencias biológicas debe promoverse salvaguardando el respeto de los derechos humanos y el beneficio de todos,

Consciente de los graves peligros médicos, físicos, psicológicos y sociales que la clonación humana puede entrañar para quienes participan en ella, y consciente también de la necesidad de impedir la explotación de la mujer,

Convencida de la urgente necesidad de prevenir los posibles peligros de la clonación humana para la dignidad humana,

3. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, *Actas de la Conferencia General, 29ª reunión, París, 21 de octubre a 12 de noviembre de 1997*, vol. 1, *Resoluciones*, resolución 16.

Declara solemnemente lo siguiente:

- a) Los Estados Miembros habrán de adoptar todas las medidas necesarias para proteger adecuadamente la vida humana en la aplicación de las ciencias biológicas;
- b) Los Estados Miembros habrán de prohibir todas las formas de clonación humana en la medida en que sean incompatibles con la dignidad humana y la protección de la vida humana;
- c) Los Estados Miembros habrán de adoptar además las medidas necesarias a fin de prohibir la aplicación de las técnicas de ingeniería genética que pueda ser contraria a la dignidad humana;
- d) Los Estados Miembros habrán de adoptar medidas para impedir la explotación de la mujer en la aplicación de las ciencias biológicas;
- e) Los Estados Miembros habrán también de promulgar y aplicar sin demora legislación nacional para poner en práctica los apartados a) a d);
- f) Los Estados Miembros habrán además de tener en cuenta, en su financiación de la investigación médica, incluidas las ciencias biológicas, cuestiones acuciantes de alcance mundial como el VIH/SIDA, la tuberculosis y la malaria, que afectan particularmente a los países en desarrollo.

<http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N04/493/09/PDF/N0449309.pdf?OpenElement>

ETAPA: Introducción de nuevos puntos de vista y ampliación de la información

Modelo tridimensional de ADN



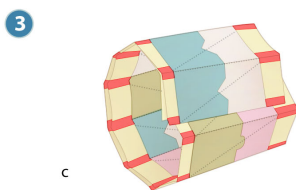
a

Realizar pliegues a lo largo de las líneas continuas y discontinuas verticales del modelo de ADN. El doblez por las líneas continuas debe formar una montaña y el de las discontinuas, un valle (imagen a).



b

Doblar verticalmente la hoja hasta que las líneas continuas y discontinuas horizontales queden opuestas y paralelas (imagen b).

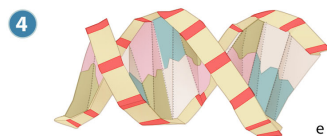


c



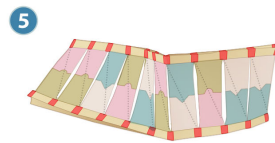
d

Realizar los pliegues horizontales entre cada par de bases complementarias y luego los pliegues en las diagonales que las atraviesan (imagen c y d).



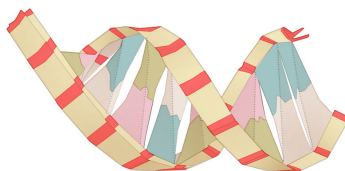
e

Una vez que el modelo adquirió una forma helicoidal, rotar en sentido opuesto, sobre un eje vertical imaginario, los extremos de la hélice y plegar los laterales (imagen e).



f

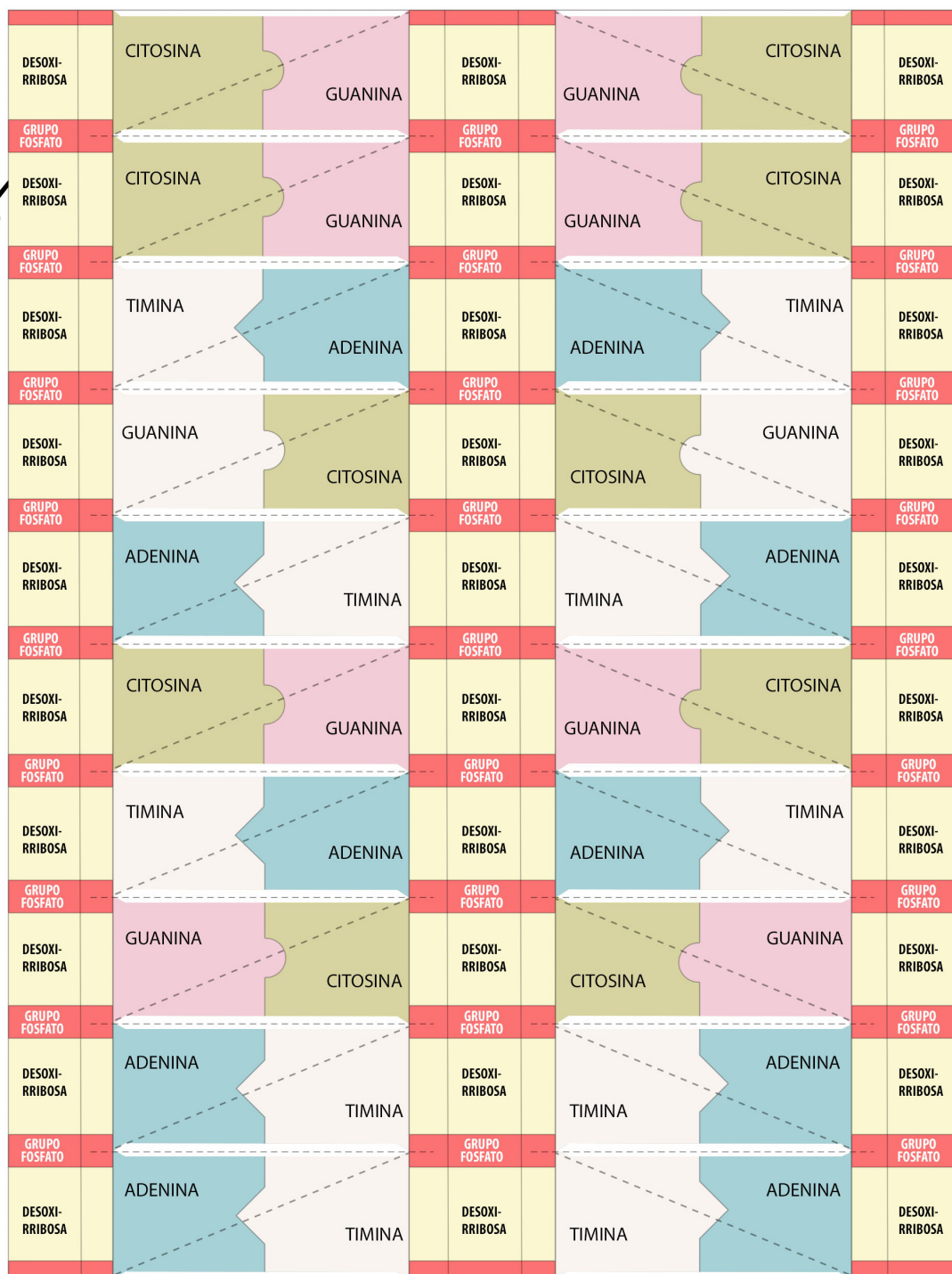
Con una tijera recortar las zonas de color blanco entre los pares de bases para que quede un espacio entre ellos (imagen f).



g

Rotar los extremos como en el paso 4 para el modelo de ADN adquiera nuevamente la forma helicoidal (imagen g).

Este modelo fue extraído y adaptado del libro de Botto, Juan L. (coord.); (2006): *Biología. Educación Polimodal*, Buenos Aires, Tinta Fresca.



Secundaria para todos

DE LA ESTRUCTURA DEL ADN AL IMPACTO
SOCIAL DE SUS APLICACIONES TECNOLÓGICAS.
UNA PROPUESTA DE ENSEÑANZA

Material de distribución gratuita



equidad
inclusión
desarrollo

Ministerio
de Educación

www.portal.educación.gov.ar