

Ciencias para
el Mundo
Contemporáneo



Guía de Recursos Didácticos

Francisco Martínez Navarro
Juan Carlos Turégano García

La revolución genética el genoma humano y la clonación

«Por mucha programación biológica o cultural, los humanos siempre podremos optar por algo que no esté en el programa.»

Fernando Savater. *Ética para Amador*

Introducción:

En las últimas décadas del siglo pasado, la especie humana ha hecho grandes avances que han permitido aumentar el bienestar y la esperanza de vida.

Desde entonces vivimos una revolución en la investigación de las ciencias biomédicas y la biotecnología. La reproducción asistida, la investigación contra el cáncer, los trasplantes, la manipulación genética y el uso de células madre para la regeneración de tejidos son algunos de los campos biomédicos con más relevancia científica y social hoy en día.

Todos los seres vivos están formados por células. En el interior de las mismas se encuentra el material hereditario que son las instrucciones de las que depende cualquier ser vivo. La totalidad del material hereditario de un individuo se denomina genoma, que está formado por una molécula denominada ADN. Los cambios en el ADN dan lugar a variaciones en las instrucciones y, por lo tanto, en ocasiones, a la pérdida o adquisición de propiedades en el individuo que ha sufrido dichos cambios. Estos cambios se dan constantemente de forma espontánea en la Naturaleza con la aparición de mutaciones espontáneas (pequeños cambios en el genoma de un individuo) o el cruce sexual (la unión de los genomas parentales para producir un nuevo genoma con nuevas propiedades). Aunque también existen técnicas artificiales que permiten llevar a cabo modificaciones genéticas realizadas por la mano del hombre.

Hace solamente unos años, un grupo de científicos desarrolló una nueva tecnología genética que permite aislar genes concretos e introducirlos en el genoma del organismo del que provienen o en uno distinto generando los organismos transgénicos. A esta nueva tecnología se la denomina ingeniería

genética y permite desarrollar nuevos organismos útiles en biomedicina o en agroalimentación.

Los científicos, entre 1961 y 1966, relacionaron el lenguaje de 4 letras de los nucleótidos del ADN, A-T, C-G, con el de los 20 aminoácidos con los que se construyen las proteínas, creando así una especie de pequeño diccionario » que denominamos código genético.

El código genético representa la esencia de la biología molecular de la misma forma que la tabla periódica de los elementos representa la esencia de la química. La gran diferencia entre ambos es que el código genético no es completamente universal ni siquiera aquí en la Tierra: hay ligeras diferencias entre especies.



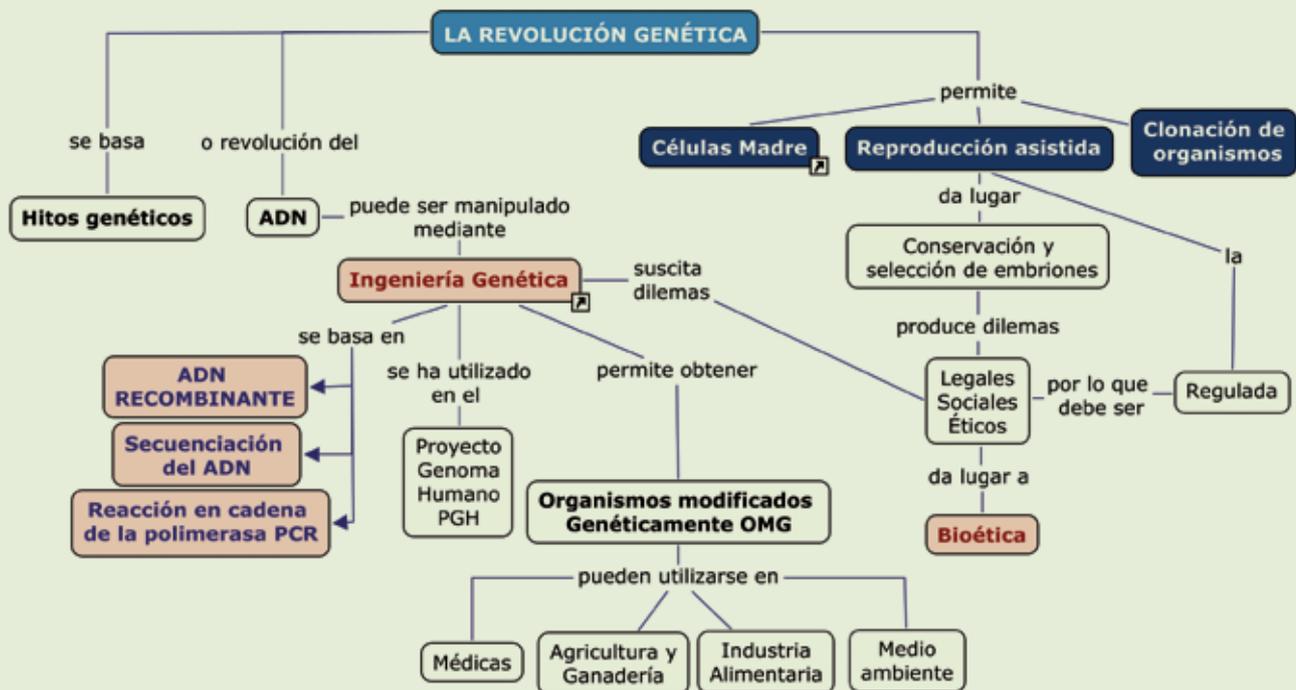


Índice de contenidos: La revolución genética

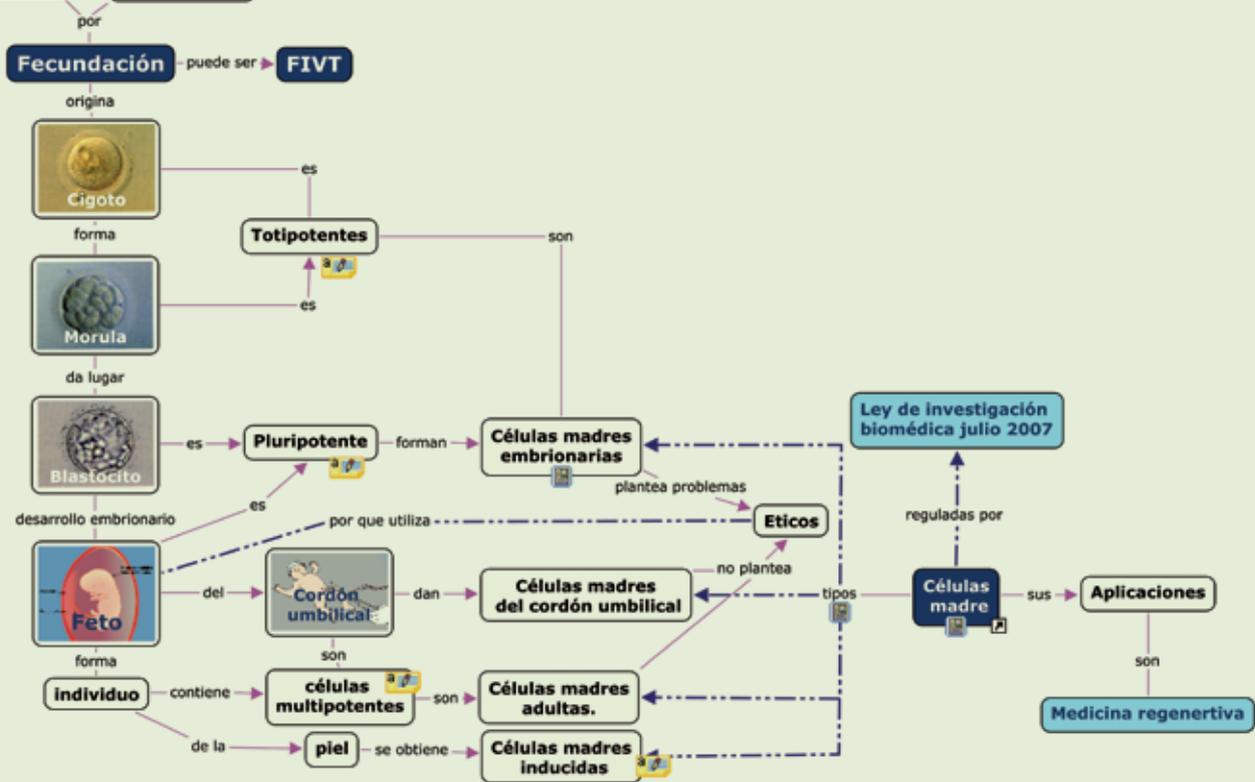
A. Esquema conceptual	219
B. Orientaciones para el desarrollo de la Unidad	220
C. Diagnóstico inicial. A ver que sabes, antes de empezar. Atrévete y contesta.	221
D. Contenidos	222
Esta unidad didáctica la vamos a desarrollar siguiendo los siguientes contenidos específicos, dentro de los cuales indicamos las actividades que proponemos	
1. Conceptos de genética, la transmisión de los caracteres y el modelo Mendeliano	222
• A.1.1.1. ¿Cómo crees que lo averiguó Mendel? Aportaciones de Mendel a la genética ...	222
• A.1.1.2. Problemas de genética mendeliana	222
1.2 Los nucleótidos, los ácidos nucleicos, la replicación.El código genético	223
• A1.2.1: ¿Qué molécula contiene la información genética?	223
• A1.2.2: La otra historia del ADN. Biografías de científicos. Rosalind Franklin	223
• A1.2.3: Flujo y expresión de la información genética. El código genético	223
• A1.2.4: Práctica virtual. Flujo y expresión de la información genética	224
1.3 La tecnología del ADN recombinante	226
• A1.3.1. Hitos en la historia de la Genética en su contexto histórico	226
• A1.3.2. Práctica de laboratorio virtual. Extracción de ADN	226
• A1.3.3. Actividad experimental. Extracción casera del ADN	227
1.4 Las aplicaciones de la ingeniería genética	228
• A1.4.1. La ingeniería genética	228
• A1.4.2. Huella genética. Detectives de ADN	228
• A1.4.3. A debate. Transgénicos sí o no	229
1.5 El Proyecto Genoma Humano	231
• A1.5.1. Actividad de investigación. El proyecto genoma humano	231
• A1.5.2. Debate. Tenemos que perder el miedo a secuenciar nuestro genoma	232
2 La reproducción asistida. La clonación y sus aplicaciones. Las células madre. La bioética.	233
• A2.1.1: La reproducción asistida	233
• A2.1.2: Fecundación in vitro	233
• A2.1.3: Regulación de la fecundación asistida	234
• A2.1.4: Hijos a la carta. ¿Cómo los prefieres?	234
2.2 La clonación y sus aplicaciones	236
• A2.2.1. La clonación	236
• A2.2.2. A ver qué has aprendido	236
• A2.2.3. El primer perro clonado comercialmente ya está en casa con sus dueños	237
2.3 Las células madre	238
• A2.3.1. Las células madre	238
• A2.3.2. Las células madre del cordón umbilical	239
• A2.3.3. Debate. ¿Debemos reproducir embriones humanos para curar enfermedades?	239
2.4 La bioética. Los límites de la investigación científica	240
• A2.4.1. Foro de Bioética	240
• A2.4.2. El test genético	240
3 Biografías de Científicos. Enfermedades prevalentes en Canarias	241
• A3.1 Biografía de médicos genetistas	241
E. Ejemplificación. Práctica de laboratorio. Extracción casera de ADN de un ser vivo	242
F. Grandes retos de la ciencia. Lo que les queda por saber a los científicos	243
G. Autoevaluación	244
H. Para saber más. Bibliografía y Webgrafía	245



A. Esquema conceptual:



¿Qué son las células madres?
 ¿Qué tipos existen?
 ¿Qué diferencias hay entre células madres embrionarias y adultas?
 ¿Cuáles son sus aplicaciones?



B. Orientaciones para el desarrollo de la unidad

Esta Unidad representa una ocasión excelente para tratar de una forma comprensible los conceptos que en ella se desarrollan y motivar al alumnado hacia el estudio de la ciencia.

Para empezar a abordar el desarrollo de los conceptos o contenidos de este tema nos podemos apoyar en la visión de alguna película o en la utilización de algunas páginas de Internet, de algunas enciclopedias, libros o revistas de actualidad como fuentes de información.

Utilizando estos recursos, plantearemos pequeñas investigaciones teóricas y prácticas en las que el alumnado sea capaz de entender los conceptos para planear estrategias de resolución de los problemas investigados.

En esta primera fase, se hará imprescindible también el uso de la proyección de videos didácticos junto con las simulaciones con ordenador y las pequeñas animaciones en flash, que permitirán abordar de una forma sencilla muchas de las complejas técnicas de la ingeniería genética haciéndolas más comprensibles al alumnado.

Posteriormente, la utilización de los comentarios de textos científicos, los artículos de prensa, los textos históricos y las biografías junto con las técnicas de discusión en grupo, permitirán que el alumnado sienta la articulación entre los contenidos estudiados, su vida cotidiana y la información que recibe sobre el mundo a través de los medios de comunicación; de esa forma, adquirirá de una manera activa los conocimientos propuestos en el desarrollo de la unidad.

Se puede comenzar el tema con la visión de alguna película o con la realización de algunas actividades. Recomendamos la realización de algunas actividades preparatorias a la visión de alguna parte de la película o de algunos vídeos de gran interés.

Películas recomendadas:

- «**Gattaca**» (1997) es una interesante película de **Andrew Niccol**. En ella se plantea, sin abrumarnos con efectos especiales, una visión anticipadora bastante completa sobre las posibles consecuencias de una manipulación genética humana llevada a sus extremos. Aunque, como todos los films clásicos de ciencia-ficción, opta por una visión catastrofista del desarrollo, nos parece una película muy sugerente por la cantidad de temas que plantea y los matices que introduce en ellos.

Videos en Youtube: <http://www.youtube.com>

Genoma humano: <http://www.youtube.com/watch?v=czXseKE4gZA>

El Proyecto Genoma Humano. Clonación. La oveja Dolly. *Clonación Terapéutica*. Los alimentos transgénicos. Organismos modificados genéticamente (OMG) - Biotecnología: la revolución invisible. Documental de biotecnología. Células madre: <http://www.youtube.com/watch?v=LHglIDAzZLO>

Páginas Web:

- PROYECTO BIOSFERA : Genética Humana (4º de ESO)
<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/4ESO/Genetica2/index.htm>
- Página del Proyecto Biosfera. Biotecnología 2º Bachillerato.
<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/2bachillerato/biotec/contenidos.htm>
- El proyecto biológico. <http://www.biologia.arizona.edu/default.html>
- Biología. http://www.unad.edu.co/curso_biologia/
- Learn Genetics. <http://learn.genetics.utah.edu/es/>

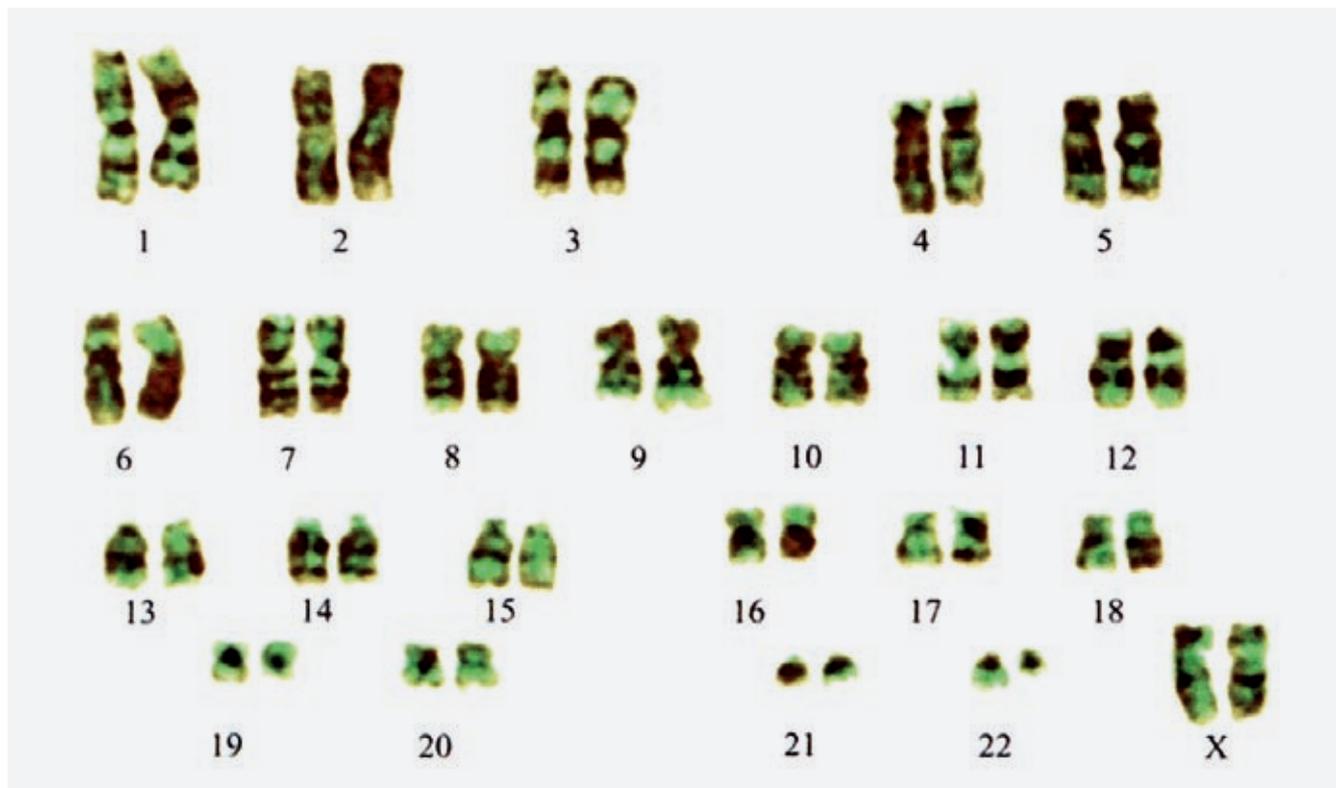
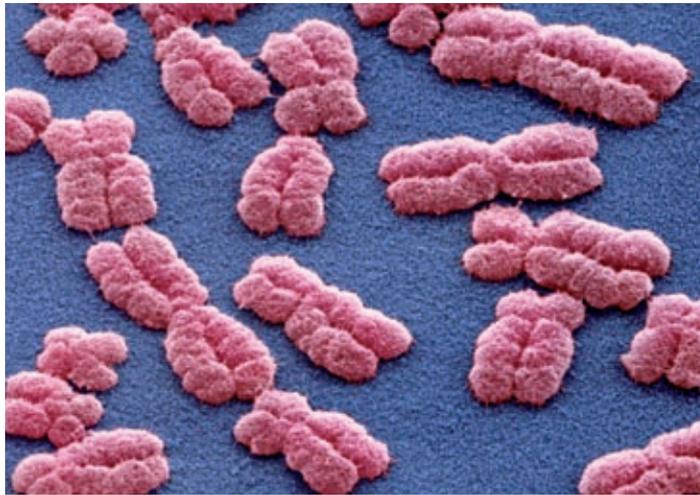


C. Diagnósis inicial: A ver que sabes, antes de empezar. Atrévete y contesta



A.1. Responde a las siguientes cuestiones

1. ¿Sabes por qué nos parecemos a nuestros padres?
2. ¿Sabrías explicar qué se entiende por ADN, cromosoma y gen?
3. ¿Qué es para ti la ingeniería genética?
4. ¿Sabrías decir cómo se pueden manipular genéticamente los organismos?
5. ¿Sabes a qué se dedica la biología molecular?
6. ¿Sabes qué es el proyecto Genoma Humano?
7. ¿Qué entiendes por células madres embrionarias? ¿Sabrías decir de dónde se obtienen?
8. ¿Sabes qué es un niño probeta?
9. ¿Sabes si los hermanos gemelos son clónicos?
10. ¿Sabes lo que representan las siguientes imágenes?



D. CONTENIDOS

1.1. Concepto de genética, la transmisión de los caracteres y el modelo Mendeliano

Debes saber que:

- ✓ Darwin, en su teoría de la evolución, expuso que la continua competencia entre las especies por los recursos del medio es la que selecciona sus características.
- ✓ Sin embargo, este mecanismo para explicar la selección natural no convencía a casi nadie; ni siquiera Darwin estaba plenamente satisfecho con su explicación.
- ✓ Él suponía que en seres vivos con reproducción sexual, los caracteres se mezclaban en los hijos, lo que homogenizaba las poblaciones acabando a la larga con su diversidad, y sin esta no podría existir la selección natural de Darwin. Es decir, suponía que se trataba de herencia mezclada, pero esta suposición era errónea.
- ✓ Hoy en día lo sabemos gracias a un monje agustino, Gregor J. Mendel (1822-1884) que demostró que las unidades de la herencia determinantes de los caracteres no se mezclan; es decir, no pierden su individualidad.
- ✓ Pero, ¿cómo crees que lo averiguó Mendel? Resuelve las siguientes actividades y lo descubrirás por ti mismo.

A1.1.1. ¿Cómo crees que lo averiguó Mendel? Aportaciones de Mendel a la genética

1. Infórmate sobre Mendel utilizando los recursos siguientes y realiza la actividad que al final se indica.

Recursos:

Conceptos básicos de genética: <http://payala.mayo.uson.mx/QOnline/genemende.html>

Leyes de Mendel: http://www.unad.edu.co/curso_biologia/leyesherencia.html

El proyecto biológico genética mendeliana: <http://www.biologia.arizona.edu/mendel/mendel.html>

Biografía Mendel: <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/m/mendel.htm>

Animaciones:

En estas páginas encontrarás animaciones en flash donde se nos explican las leyes de Mendel así como algunos términos importantes.

Primera: <http://bioinformatica.uab.es/genomica/swf/genotipo.swf>

Segunda: 1ª y 2ª Ley de Mendel en apartado genética. <http://fai.unne.edu.ar/biologia/animaciones/index.htm>

Tercera: <http://cienciasnaturales.es/5M4ESO.swf>

Cuarta: <http://cienciasnaturales.es/GENETICAMENDELIANA.swf>

Esta página no es de flash pero tiene muy buenas animaciones e imágenes sobre genética:

http://personalabp.blogspot.com/2007/10/4-bimestre-gentica_26.html

- a) Elabora un informe en PowerPoint sobre los aspectos del trabajo de Mendel que lo hacen especialmente valioso desde el punto de vista del método científico. Incluye en el trabajo esquemas que muestren las leyes de Mendel.

A1.1.2 Problemas de genética mendeliana

1. Comprueba que has entendido las leyes de Mendel resolviendo los siguientes problemas que se encuentran en la Web que te indicamos a continuación:

Problemas de genética mendeliana.

http://ejb.ucv.cl/gmunoz/genweb/genetica/frame/textos/7_6probl.htm

Cuando los hayas terminado, envía una captura de imagen con la calificación que has obtenido.



1.2. Los nucleótidos, los ácidos nucleicos, la replicación y la expresión de la información

A1.2.1 ¿Qué molécula contiene la información genética?

1. ¿Sabrías responder a esta pregunta? Seguro que sí. Pero, ¿cómo averiguaron la respuesta los científicos? Utiliza los recursos propuestos y contesta al final a las actividades correspondientes.

Recursos:

Entra en las siguientes direcciones y lo comprobarás.

- El descubrimiento del ADN. <http://www.biologia.edu.ar/adn/adntema0.htm>
- El descubriendo de la doble hélice. <http://www.upf.edu/materials/fhuma/revolucio/principal/adn/adn.htm>
- Estructura del ADN. <http://www.johnkyrk.com/DNAanatomy.esp.html>
- Estructura de los ácido nucleicos. <http://www.ucm.es/info/genetica/grupod/Estruadn/estruadn.htm>

- a) Breve resumen de las experiencias que realizaron los distintos científicos para demostrar que el ADN era la molécula que contenía la información genética.
- b) Elabora un documento que permita entender la estructura del ADN e incluye en él, a modo de resumen, una tabla con la diferencia estructural y funcional entre el ADN y el ARN.

A1.2.2 La otra historia del ADN. Biografías de científicos. Rosalind Franklin

El descubrimiento de la estructura del ADN siempre aparece asociado a Watson y Crick, pero sus conclusiones suponen la culminación de trabajos realizados por otros científicos que llevaron todo un siglo, como has podido comprobar en la actividad anterior. De todos estos investigadores, Rosalind Franklin es sin duda la gran olvidada.

Por eso te proponemos, que realices una investigación en la red y completes la ficha biográfica que te faciliten.

Sitios Web sobre Rosalind Franklin

- <http://usuarios.lycos.es/mujeresenlaciencia/franklin.htm>
 - <http://digital.el-esceptico.org/leer.php?id=1682&autor=614&tema=104>
 - <http://digital.el-esceptico.org/leer.php?id=1718&autor=635&tema=62>
 - <http://desviando.blogspot.com/2007/10/mujeres-la-sombra-rosalind-franklin.html>
1. Realiza la biografía de Rosalind Franklin en forma de línea de tiempo cronológica con la siguiente herramienta <http://timerime.com/> de modo que recojas los aspectos de la ficha biográfica suministrada por el profesorado. Puedes verla en el anexo Biografía de científicos.

A1.2.3 Flujo y expresión de la información genética. Dogma central de la biología molecular. El código genético

En todas las especies, la información genética se almacena y se transmite gracias a los ácidos nucleicos, tanto de ADN como de ARN, que aseguran la realización de los dos procesos implicados: la transmisión de la información entre generaciones y la expresión de dicha información en forma de moléculas funcionales, las proteínas.

El ADN transporta la información y las proteínas son las responsables de la funcionalidad de la célula y del mantenimiento del metabolismo celular. Pero, ¿cómo se transforma la información del ADN en funcionalidad de las proteínas?

Recursos:

Replicación: <http://www.johnkyrk.com/DNAreplication.esp.html>

Transcripción: <http://www.johnkyrk.com/DNAtranscription.esp.html>

Traducción: <http://www.johnkyrk.com/DNAtranslation.esp.html>

Síntesis proteica vídeo: <http://www.youtube.com/watch?v=J2ED0x-EvI4&eurl>

1. Observa las animaciones y elabora un pequeño informe en PowerPoint con las características más importantes de los tres procesos y un esquema general de la relación entre ellos.





A1.2.4 Práctica virtual. Flujo y expresión de la información genética

1. Ahora que ya conoces el flujo y expresión de la información genética, comprueba lo que has aprendido realizando tú los tres procesos.

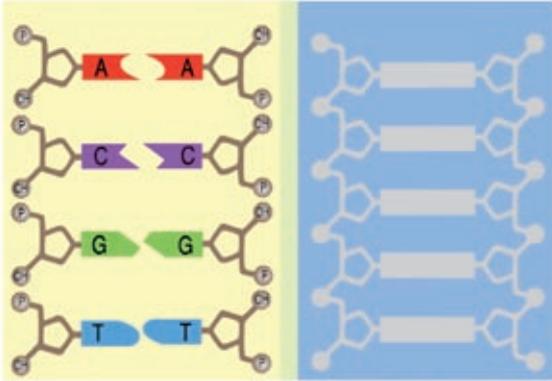
a) Entra en la siguiente dirección y construye una molécula de ADN.
<http://learn.genetics.utah.edu/es/units/basics/builddna/>

CONSTRUYE UNA MOLÉCULA DE ADN

La estructura del ADN es una doble hélice, muy similar a una escalera torcida formando una espiral. Las bases del ADN se encuentran en pares, los cuales hacen los escalones de la escalera. Los laterales de la escalera son la médula estructural del ADN. Estos laterales no contienen información, sólo sostienen a las bases en su posición correcta. Las bases del ADN normalmente se aparean G con C y A con T.

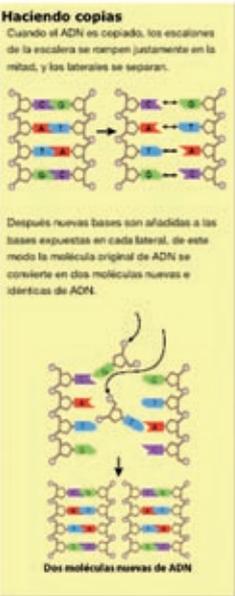
Usa estas reglas para hacer pares y los nucleótidos que se encuentran debajo para construir una banda de ADN que contenga cinco pares de bases.

Selecciona y arrastra cada nucleótido en su posición correcta.



Haciendo copias

Cuando el ADN es copiado, los escalones de la escalera se rompen justamente en la mitad, y los laterales se separan.



Después nuevas bases son añadidas a las bases expuestas en cada lateral, de este modo la molécula original de ADN se convierte en dos moléculas nuevas e idénticas de ADN.

Das moléculas nuevas de ADN

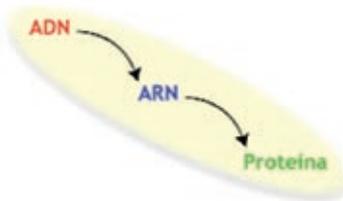
b) Atrévete ahora con la transcripción y la traducción en esta página.
<http://learn.genetics.utah.edu/es/units/basics/transcribe/>

TRANSCRIBE Y TRADUCE UN GEN

El ADN que constituye el genoma humano puede ser subdividido en pedazos de información llamados genes. Cada gen contiene información para la producción de una proteína única la cual realizará una función especializada en la célula. El genoma humano contiene más de 25,000 genes.

¿Cómo usan las células la información codificada en sus genes? Las células realizan un proceso en dos pasos llamados transcripción y traducción para leer cada gen y producir la cadena de aminoácidos que forman una proteína.

Este flujo de información constituye el **Dogma Central de la Biología**, tal como está descrito a continuación:



```

graph TD
    A[ADN] --> B[ARN]
    B --> C[Proteína]
  
```



A1.2.5 Problemas de Ácidos Nucleicos y Material Genético

1. Comprueba lo que has aprendido resolviendo los siguientes problemas:

Problemas de Ácidos Nucleicos y Material Genético

Para el aprendizaje de lo fundamental de los ácidos nucleicos, cómo se emparejan las bases en ellos y cómo experimentan los procesos de replicación y traducción, así como los métodos y descubrimientos de algunos experimentos clásicos en este área.

Instrucciones: Estos problemas son de opción múltiple para elegir la respuesta correcta. Las respuestas correctas están justificadas con una breve explicación. Las respuestas incorrectas están vinculadas a una tutoría que ayuda en la resolución del problema.

1. El DNA es el material genético: ¿qué científicos?
2. Replicación semiconservadora, experimento de Meselson y Stahl: primera generación
3. La horquilla de replicación I
4. La horquilla de replicación II
5. La horquilla de replicación III
6. Experimento de Meselson y Stahl, segunda generación
7. Transformación
8. Complementariedad de bases
9. Transcripción
10. Aminoácidos en las proteínas por traducción del mRNA
11. Productos tras la síntesis de proteínas
12. mRNA y codificación de proteínas
13. Codificación de un polipéptido en el mRNA
14. Emparejamiento codón-anticodón

http://www.biologia.arizona.edu/molecular_bio/problem_sets/nucleic_acids/nucleic_acids_1.html

A1.2.6 Biografías de científicos Premios Nobel

¿Sabías que uno de los científicos que contribuyó al desarrollo del conocimiento del flujo y expresión de la información genética fue un español, al que dieron el premio Nobel de Fisiología y Medicina (1959) por su trabajo sobre la ARN polimerasa, la enzima que permite la síntesis del ARN, el intermediario entre el ADN y las proteínas?

1. Averigua de qué científico español estamos hablando y realiza su biografía en forma de línea de tiempo cronológica, con la siguiente herramienta que te proporcionamos <http://timerime.com/>, que recoja los aspectos que encontrarás en el anexo, en el apartado Biografía de científicos.

A1.2.7 Hacer los cariotipos. Simulación interactiva en la red

1. Investiga en la red los cariotipos humanos.

Has de familiarizarte con los cariotipos, una de las técnicas que nos permite investigar miles de enfermedades genéticas que se pueden encontrar en los seres humanos.

Recurso disponible en: <http://www.biologia.arizona.edu/human/act/karyotyping/karyotyping.html>



Se trata de una página Web en la que el alumnado realizará la simulación de cómo hacer cariotipos en los seres humanos con las imágenes digitales de cromosomas de estudios reales de la genética humana. Los ejercicios están diseñados como una introducción a las investigaciones genéticas en los seres humanos. El alumnado podrá investigar las historias médicas de tres pacientes, incluyendo sus cariotipos, y diagnosticar los cromosomas perdidos o extras. Después buscará en Internet algún aspecto de la genética humana. Al finalizar, deberá dar siete respuestas (2 para cada paciente y 1 para la búsqueda en la Web).



1.3. Las tecnologías del ADN recombinante y la ingeniería genética

Debes saber que:

- ✓ El genoma humano está secuenciado completamente gracias al proyecto genoma humano PGH.
- ✓ Pero antes de adentrarnos en su análisis, vamos a estudiar las técnicas que lo hicieron posible.
- ✓ En primer lugar los científicos consiguieron aislar el ADN para poder posteriormente manipularlo.
- ✓ Eso es lo que vas a descubrir por ti mismo en las siguientes actividades.



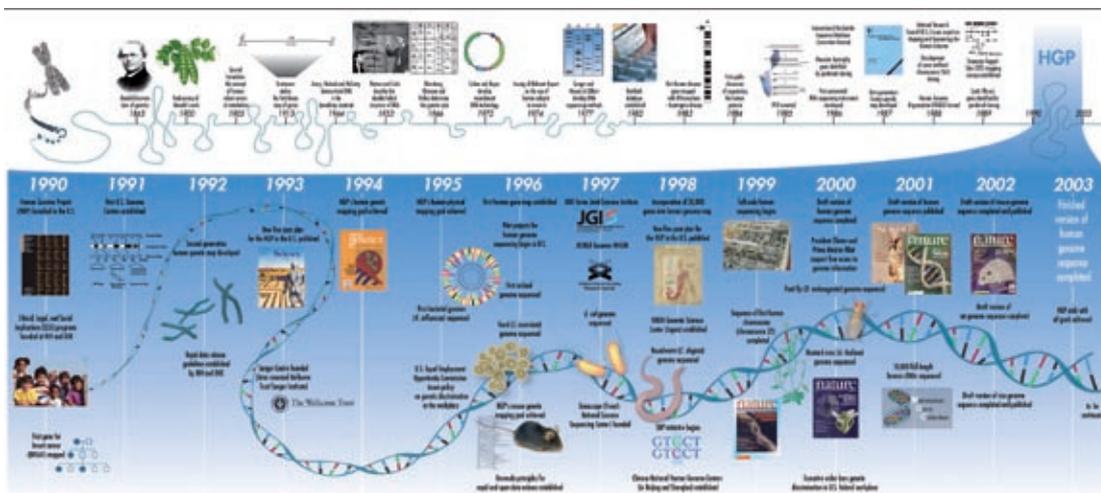
A1.3.1 Hitos en la historia de la genética en su contexto histórico

1. Investiga los principales acontecimientos sobre la **historia de la genética** y elabora una línea de tiempo con los mismos.

a) En primer lugar, infórmate utilizando los siguientes recursos:

Entra en la siguiente animación del periódico *El Mundo*, «**Descifrar la Vida**», y pulsa en el apartado cronología. http://www.elmundo.es/especiales/2003/02/salud/genetica/descifrar_la_vida.html

Observa la siguiente imagen sobre los hitos de la genética.

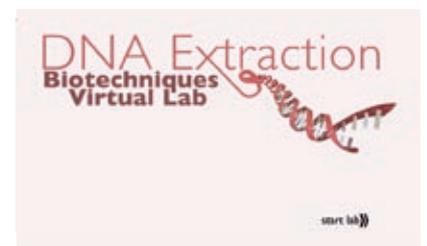


A1.3.2 Práctica de laboratorio virtual. Extracción de ADN

1. Entra en la siguiente dirección:

<http://learn.genetics.utah.edu/units/biotech/extraction/>

- a) Realiza la práctica virtual que se te propone en esta página y, cuando termines, presenta un documento con un mapa conceptual del proceso realizado.
- b) Responde a las siguientes preguntas: ¿Para qué aíslan los científicos el ADN? Indica los pasos que tienes que seguir para realizar la purificación del ADN. Indica el material necesario para realizar la práctica.





A1.3.3 Actividad experimental. Extracción casera del ADN

1. Lee el siguiente texto y realiza las actividades

La extracción de ADN de una muestra celular se basa en el hecho de que los iones salinos son atraídos hacia las cargas negativas del ADN, permitiendo su disolución y posterior extracción de la célula. Se empieza por lisar (romper) las células mediante un detergente, vaciándose su contenido molecular en una disolución *tampón* en la que se disuelve el ADN. En ese momento, el tampón contiene ADN y todo un surtido de restos moleculares: ARN, carbohidratos, proteínas y otras sustancias en menor proporción. Las proteínas asociadas al ADN, de gran longitud, se habrán fraccionado en cadenas más pequeñas y separadas de él por acción del detergente. Solo queda, por tanto, extraer el ADN de esa mezcla de tampón y detergente, para lo cual se utiliza alcohol isoamílico, probablemente el único reactivo de esta práctica que no suele haber en una cocina.

Material y Reactivos:

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Muestra vegetal • Agua (destilada o mineral) • Sal de mesa • Bicarbonato de sodio • Detergente líquido o champú • Alcohol isoamílico a 0°C • Batidora o licuadora | <ul style="list-style-type: none"> • Nevera o hielera • Colador o centrífuga • Vaso • Tubo de ensayo • Varilla fina • Pipeta |
|---|--|

Metodología

A. Preparar la solución *tampón* con los ingredientes que se enlistan y mantener en la nevera o en un baño de hielo triturado:

- 120 ml de agua, si es posible destilada y si no mineral. No usar agua de la llave.
- 1.5 g de sal de mesa, de preferencia pura.
- 5 g de bicarbonato sódico.
- 5 ml de detergente líquido o champú.

B. Elegir la muestra que va a proporcionar el ADN entre los vegetales que pueda haber en la cocina (cebolla, ajo, tomates, etc.) y cortarla en cuadraditos.

C. Triturar la muestra con un poco de agua en la batidora o licuadora accionando las cuchillas a impulsos de 10 segundos. Así se romperán muchas células y otras quedarán expuestas a la acción del detergente.

D. Mezclar en un recipiente limpio 5 ml del triturado celular con 10 ml del tampón frío y agitar vigorosamente durante al menos 2 minutos. Separar después los restos vegetales más grandes del caldo molecular haciéndolo pasar por un colador lo más fino posible. Lo ideal es centrifugar a baja velocidad 5 minutos y después con la pipeta retirar el sobrenadante.

E. Retirar 5 ml del caldo molecular a un tubo de ensayo y añadir con pipeta 10 ml de alcohol isoamílico enfriado a 0°C. Se debe dejar escurrir lentamente el alcohol por la cara interna del recipiente, teniendo éste inclinado. El alcohol quedará flotando sobre el tampón.

F. Se introduce la punta de una varilla estrecha hasta justo debajo de la separación entre el alcohol y el tampón.

Remover la varilla hacia delante y hacia atrás y poco a poco se irán enrollando los fragmentos de mayor tamaño de ADN. Pasado un minuto retirar la varilla atravesando la capa de alcohol, con lo cual el ADN quedará adherido a su extremo con el aspecto de un copo de algodón mojado.

NOTA: El producto filamentosos obtenido de la extracción no es ADN puro ya que, entremezclado con él, hay fragmentos de ARN. Una extracción «profesional» se realiza añadiendo enzimas que fragmentan las moléculas de ARN e impiden que se unan al ADN.

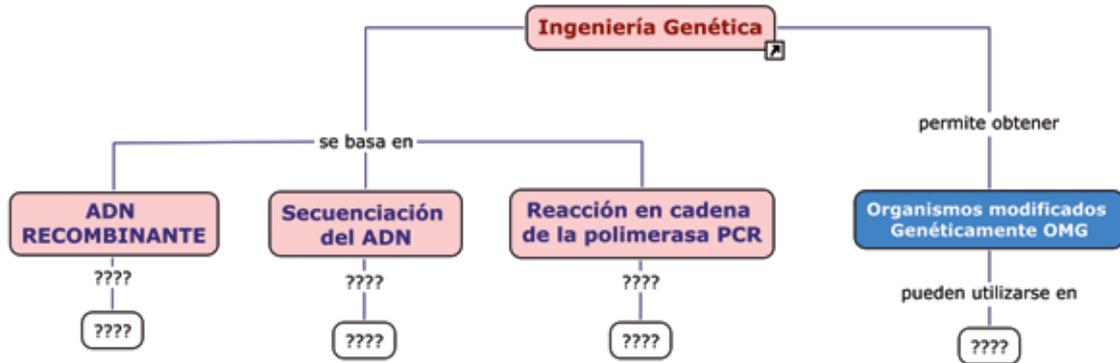
- Después de leer detenidamente la información, elabora un documento a modo de informe de prácticas de laboratorio (ver anexo), en el que expliques en qué consiste la práctica. Cuando lo tengas terminado, enséñaselo al profesor que te lo revisará y dará el visto bueno para realizar la práctica.
- Incluye en el informe final, en el apartado de resultado, la respuesta a las siguientes preguntas:
- ¿Para qué utilizaste el alcohol?
- ¿Para qué usaste el detergente?
- ¿Para qué necesitaste el ablandador de carne?
- Describe lo que observas en la parte final de la experiencia.
- Anota tus ideas acerca de cómo podría mejorarse la experiencia.



1.4. Las aplicaciones de la ingeniería genética

A1.4.1 La ingeniería genética

A continuación vamos a ver las técnicas de la Ingeniería Genética. Para ello completa el siguiente mapa conceptual con la información que te proponemos a continuación:



Página del Proyecto Biosfera. Biotecnología 2º Bachillerato.

<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/2bachillerato/biotec/contenidos.htm>

Animación PCR

Primera: <http://www.sumanasinc.com/webcontent/animations/content/pcr.html>

Segunda: <http://www.medmol.es/tecnic.cfm?id=13>

Tercera: <http://web.usal.es/~jralonso/web2001/pcr/dcr.htm>

Cuarta: http://docentes.cs.urjc.es/~odeluis/Docencia/Cero/Animaciones/PCR_LODISH.swf

Animación secuenciación

<http://smcg.cifn.unam.mx/enp-unam/03-EstructuraDelGenoma/animaciones/secuencia.swf>

1. Completa el mapa conceptual que te proponemos.

A1.4.2 Huella genética. Detectives de ADN

1. Observa en el siguiente vídeo cómo se realiza la prueba de la huella genética:

Cómo se realiza la prueba de ADN: <http://www.youtube.com/watch?v=MYrLI-J3nVs&feature=related>

Obtén más información en:

Huella genética en Wikipedia: http://es.wikipedia.org/wiki/Huella_gen%C3%A9tica

Huellas genéticas en la escena del crimen: <http://www.divulgon.com.ar/agosto04/bajolalupa-ago04.html>

Actividad con el ADN de la Familia Blackett: Utiliza este estudio familiar para aprender los conceptos y las técnicas que hay tras la obtención de perfiles de ADN.

Actividad nº 2 con el ADN de la Familia Blackett. Utiliza perfiles reales de Repeticiones Cortas en Tándem (STR) para resolver casos de paternidad y de personas desaparecidas en esta actividad basada en investigación.

<http://www.biologia.arizona.edu/human/activities/blackett/introduction.html>

a) ¿Cuáles son las aplicaciones de la huella genética? Realiza un mapa conceptual que te ayude a aclarar las aplicaciones.

b) Resuelve el siguiente caso: http://www.tryscience.org/es/experiments/experiments_dna_online.html

c) Resuelve el siguiente grupo de problemas sobre la huella genética:

ADN en Medicina Legal. Grupo de Problemas nº 1.

http://www.biologia.arizona.edu/human/problem_sets/DNA_forensics_1/DNA_forensics.html

ADN en medicina legal 2. Grupo de problemas nº 2.

http://www.biologia.arizona.edu/human/problem_sets/DNA_forensics_2/DNA_forensics.html





A1.4.3 A debate. Transgénicos sí o no

El término «transgénico» está a la orden del día en los medios de comunicación.

De tal forma que sobre los organismos genéticamente modificados aparecen posturas muy enfrentadas. En un lado se encuentran científicos, agencias gubernamentales e industrias. En el otro lado se encuentran grupos ecologistas, muchos medios de comunicación de masas y el público en general. Pero, ¿sabemos realmente lo que significa? ¿Y sabemos lo que está ocurriendo?



1. Te proponemos una tarea de investigación utilizando como herramienta la información que se puede obtener a través de Internet. Debes investigar:
 - a) Ventajas de estos organismos a nivel farmacológico, de producción y productividad industrial.
 - b) ¿Cómo afecta su uso contra las plagas?
 - c) Controles que deben pasar.
 - d) ¿Se modifica el valor nutricional?
 - e) ¿Afectan a la biodiversidad?

Con la información obtenida vamos a preparar un debate sobre el tema «Transgénicos sí o no».

Procedimiento

Deben formarse tres grupos: uno a favor de los transgénicos, otro en contra y un tercer grupo que hará de moderador.

Los tres grupos tendrán que buscar en las direcciones que recomendamos la información requerida.

Grupo a favor de los transgénicos:

Elaborará un informe, con una presentación en PowerPoint, en el que se recojan las respuestas a las preguntas planteadas y los argumentos a favor de su postura.

Utilizará el informe para exponer su postura en el debate.

Participará en el debate.

Grupo de detractores de la industria transgénica:

Elaborará un informe, con una presentación en PowerPoint, en el que se recojan las respuestas a las preguntas planteadas y los argumentos a favor de su postura.

Utilizará el informe para exponer su postura en el debate.

Participará en el debate.

Grupo de los moderadores:

Dirigirá un debate entre las dos posturas frente a estos organismos genéticamente modificados.

Recogerá los argumentos más sólidos que utilicen ambas partes.

Elaborará posteriormente un informe con esos argumentos. ¡Seguro que ese informe se puede poner en el Wiki del curso, o en una columna del periódico del Instituto!

Recursos

Te recomendamos las siguientes direcciones para recoger información sobre este tema de actualidad:

Recursos para equipo de alumnos a favor de la industria transgénica:

Unidad didáctica que te permitirá conocer algo más de los transgénicos http://www.scribd.com/doc/11450750/Trabajo-de-Investigacion-Transgenicos?secret_password=2i3lgoy9hipvw7q6it6f

Animaciones

Infografía. Qué es y cómo se obtiene un transgénico:

<http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2003/10/09/20138.php>

El etiquetado de los transgénicos:

<http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/normativa-legal/2004/04/15/20131.php>

Animales transgénicos:

<http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2004/07/26/20141.php>



Beneficios de los transgénicos:

<http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2004/07/26/20142.php>

Pros y contras:

El vago: http://pdf.rincondelvago.com/alimentos-transgenicos_2.html

Fracaso. La polémica sobre los organismos transgénicos:

<http://www.analitica.com/vas/1999.10.2/ecologia/14.htm>

Opinión. Medio natural y organismos transgénicos: <http://www.ctv.es/USERS/infomed/op/4.htm>

Papas transgénicas:

<http://www.e-campo.com/?event=news.display&id=A639B776-1027-1FA7-A386EC7B56C148E0&>

Puntos de vista:

<http://www.buenasalud.com/lib/ShowDoc.cfm?LibDocID=3270&ReturnCatID=5>

El transgénico tropieza:

http://www.elpais.com/articulo/sociedad/transgenico/tropieza/elpepiscoc/20090418elpepiscoc_1/Tes

<http://www.iesgrancapitan.org/blog03/?p=20>

Recursos para equipo de alumnos detractores de la industria transgénica:

Unidad didáctica que te permitirá conocer algo más de los transgénicos:

http://www.scribd.com/doc/11450750/Trabajo-de-Investigacion-Transgenicos?secret_password=2i3lgoy9hipvw7q6it6f

Animaciones:

Infografía. Qué es y cómo se obtiene un transgénico:

<http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2003/10/09/20138.php>

El etiquetado de los transgénicos:

<http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/normativa-legal/2004/04/15/20131.php>

Animales transgénicos:

<http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2004/07/26/20141.php>

Riesgos de los transgénicos:

<http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2004/01/08/20137.php>

<http://www.iesgrancapitan.org/blog03/?p=20>

Investigadores y representantes de la sociedad civil firman contra los transgénicos:

http://www.ecologistasenaccion.org/spip.php?article6049&artsuite=1#sommaire_1

La sociedad planta cara a la industria transgénica:

<http://www.elmundo.es/elmundo/2009/02/18/ciencia/1234974212.html>

Greenpeace Transgénicos: <http://www.greenpeace.org/espana/campaigns/transgenicos>

Guía roja y verde de los alimentos transgénicos:

<http://www.greenpeace.org/espana/campaigns/transgenicos/consumo/gu-a-roja-y-verde>

Guía roja y verde de los alimentos transgénicos para descargar en pdf:

<http://www.greenpeace.org/espana/reports/gu-a-roja-y-verde>

El vago: http://pdf.rincondelvago.com/alimentos-transgenicos_2.html

Fracaso. La polémica sobre los organismos transgénicos:

<http://www.analitica.com/vas/1999.10.2/ecologia/14.htm>

Opinión. Medio natural y organismos transgénicos:

<http://www.ctv.es/USERS/infomed/op/4.htm>

Papas transgénicas:

<http://www.e-campo.com/?event=news.display&id=A639B776-1027-1FA7-A386EC7B56C148E0&>

Puntos de vista:

<http://www.buenasalud.com/lib/ShowDoc.cfm?LibDocID=3270&ReturnCatID=5>

Recuerda que las direcciones que recomendamos pueden haber cambiado, por lo que es posible que necesites utilizar un buscador para encontrar la información que deseas. Utiliza palabras clave, como transgénico, organismo genéticamente modificado, etc.

A1.4.4 ¿Cómo se crea una planta transgénica?

Entra en la siguiente dirección de Internet: http://cls.casa.colostate.edu/CultivosTransgenicos/sp_animation.html

1. Observa cómo se crea una planta transgénica y prepara un pequeño trabajo en PowerPoint en el que indiques las cinco principales etapas en la formación de la planta transgénica.



1.5. El proyecto Genoma Humano



A1.5.1 Actividad de investigación. El proyecto Genoma Humano

El genoma humano contiene la información que controla todo nuestro organismo; de ahí el interés por conocerlo.

Grandes industrias han invertido considerables recursos para este estudio. El Proyecto GENOMA HUMANO es el resultado de esas investigaciones. ¿Pero sabes qué es y qué se ha conseguido?

El vídeo de esta página está aquí en español:

<http://www.youtube.com/watch?v=ZwBZpKWwYQo&feature=related>



1. La tarea que te proponemos consiste en publicar en la página Web del centro un informe sobre las aplicaciones actuales y algunas de las posibilidades futuras que puede ofrecer el conocimiento del genoma humano. Para ello deberás realizar una investigación utilizando como herramienta la información que se puede obtener a través de Internet. Debes descubrir:
 - a) ¿De qué trata el Proyecto?
 - b) ¿Cuándo se inició? Haz una línea de tiempo de sus principales acontecimientos.
 - c) ¿Cuáles son sus objetivos?
 - d) ¿Qué empresas estaban implicadas en él?
 - e) ¿Qué tipos de mapas se realizan en este proyecto?
 - f) ¿Cuáles pueden ser sus aplicaciones actuales?
 - g) Indica algunas de las posibilidades futuras que puede ofrecer el conocimiento del genoma humano.

Procedimiento

- Organicen grupos de trabajo, repártanse la tarea para montar en la página Web del centro, línea de tiempo, mapa, información, imágenes, vídeos, etc.
- Busquen en las direcciones que recomendamos la información requerida.
- Organicen de forma sintetizada los datos obtenidos en la página Web del centro. ¡Consigan elementos multimedia impactantes!: imágenes, líneas de tiempo, mapas conceptuales, vídeos, animaciones, etc. Con ello llamarán la atención de los demás alumnos y podrán informarlos sobre los descubrimientos realizados con este proyecto.

Recursos

Te recomendamos las siguientes direcciones para recoger información sobre el tema:

Proyecto genoma en español: <http://www.genome.gov/12511467>

Proyecto genoma en inglés: <http://www.genome.gov/25019879>

Página del genoma que contiene cronología:

<http://www.el-mundo.es/especiales/2001/02/ciencia/genoma/portada.html>

Informe: <http://www.monografias.com/especiales/genoma/index.shtml>

Implicaciones bioéticas: <http://www.monografias.com/trabajos12/enscuax/enscuax.shtml>

Información mapas: <http://www.arrakis.es/~ibrabida/igpgh.html>

Vídeo sobre el genoma humano: <http://www.youtube.com/watch?v=czXseKE4gZA>

Documento sobre el PGH:

<http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/doc/E1%20Cuaderno%2055?cuaderno=55.doc>

Recuerda que las direcciones que recomendamos pueden haber cambiado, por lo que es posible que necesites utilizar un buscador para encontrar la información que deseas. Utiliza palabras clave, como proyecto genoma humano, genoma, etc.





A1.5.2. Debate. Tenemos que perder el miedo a secuenciar nuestro genoma

Kári Stefánsson, cofundador y director de CODE Genetics (compañía islandesa líder en el descubrimiento de genes asociados a enfermedades), afirma que las pruebas para secuenciar nuestro genoma nos dan la oportunidad de tener mayor control sobre nuestra salud, pues conociendo la información que nuestros genes contienen habrá quien tome medidas con respecto a su salud, haciendo determinadas cosas y privándose de otras.

Hasta la fecha, solamente 10 individuos han secuenciado su genoma, ya que era bastante caro.

Tener conocimiento de la información de nuestros genes será muy importante para mejorar los métodos de diagnóstico y tratamiento de enfermedades.

Enlaces

http://es.wikipedia.org/wiki/Genoma_humano

http://es.wikipedia.org/wiki/Proyecto_Genoma_Humano

<http://www.youtube.com/watch?v=czXseKE4gZA>

1. Preguntas de debate

- ¿Estarías dispuesto a pagar unos 1000 euros por secuenciar tu genoma o, por el contrario, crees que secuenciarlo no te haría vivir plenamente esperando que pase lo que tenga que pasar en tu vida?
- ¿Crees que es un avance que mejorará nuestra calidad de vida?



A1.5.3. La terapia génica vs. el VIH

La terapia génica es segura y activa en las personas portadoras del virus VIH y puede desarrollarse como una terapia convencional contra el sida. Los autores del estudio afirman que la terapia génica es «una opción atractiva» para tratar el sida, al tener el potencial de ser un tratamiento de una sola aplicación.

De esta manera se reduciría la carga viral para el paciente, se preservaría su sistema inmunológico y, lo más importante, se evitaría la terapia con antirretrovirales, que en el caso de los actuales enfermos de SIDA es un tratamiento de por vida.

La terapia génica pretende curar enfermedades hereditarias mediante la introducción de otros genes sanos.

Es aplicable también al tratamiento de enfermedades actuales incurables, como cánceres, determinadas patologías infecciosas, enfermedades cardiovasculares, enfermedades neurodegenerativas o enfermedades crónicas.

Ya se ha conseguido completar en 74 adultos infectados con el VIH el primer ensayo clínico de transferencia génica al azar y con un control del efecto placebo.

Los pacientes recibieron placebo o células madre que incluían una molécula llamada OZ1, que previene la replicación viral atacando dos proteínas clave relacionadas con el virus de inmunodeficiencia adquirida VIH.

Enlaces

Enlace de la fuente original: http://www.laopiniondemurcia.es/secciones/noticia.jsp?pRef=2009021700_15_151280_Ciencia-terapia-genica-segura-activa-para-tratar-enfermos-sida

Fuente alternativa de la noticia:

http://www.diariomedico.com/edicion/diario_medico/mi_dm/biotecnologia_nuevo/investigacion/es/desarrollo/1199639.html

Información de la terapia génica 1: http://es.wikipedia.org/wiki/Terapia_g%C3%A9nica

Información de la terapia génica 2: <http://www.ugr.es/~eianez/Biotecnologia/tgdaniel.htm>

1. Preguntas de debate

- ¿Crees necesario fomentar este tipo de investigaciones?
- ¿Estamos ante la solución de las enfermedades que hoy en día más afectan a la población?
- ¿Consideras antinatural este método de la terapia génica?



2. La reproducción asistida. La clonación y sus aplicaciones. Las células madre. La bioética

Debes saber que:

- ✓ La inseminación artificial consiste en la introducción médica del semen, previamente tratado, en el útero de la mujer. La fecundación no se realiza en el laboratorio.
- ✓ La fecundación in vitro es una técnica de reproducción asistida en la que la unión del espermatozoide y del óvulo se realiza en el laboratorio.

A2.1.1 La reproducción asistida

1. Documentate sobre las técnicas de reproducción asistida en las siguientes direcciones de Internet:

<http://www.reproduccion.com.mx/index.html>

<http://www.reproduccion.com.mx/insem.html>

<http://www.todoesterilidad.com/inseminacionartificial1.html>

<http://www.ivi.es/tratamientos/inseminacion.htm>

Animación de El Mundo: niños probeta, fecundación in vitro.

<http://www.elmundo.es/elmundosalud/documentos/2004/01/fiv.html>

Ahora debes realizar un mapa conceptual con el programa CmapTols, (incluye imágenes, vídeos y direcciones Web que creas necesarias) de forma que dejes explicado claramente:

- a) ¿Cuáles son las técnicas de reproducción asistida y sus principales características?.
- b) ¿Cuándo se realiza?
- c) ¿Cómo se realiza? Indica los pasos mediante los que se lleva a cabo.

A2.1.2 Fecundación in vitro

Observa el siguiente vídeo: <http://es.youtube.com/watch?v=mcuUAnhGtgU&feature=related>

1. A partir de la observación del vídeo y de la animación, captura las imágenes que creas necesarias para realizar un mapa conceptual con el programa CmapTols, en el que dejes explicado claramente:
 - a) Cuándo se realiza el proceso de la fecundación in vitro y las fases en que se realiza.





A2.1.3. Regulación de la fecundación asistida

En esta actividad te proponemos que te informes sobre la ley actual española que regula las técnicas de reproducción asistida y expongas brevemente cuáles son las técnicas que se incluyen en la ley sobre la reproducción asistida y cuál es la norma sobre la clonación de seres humanos y «madres de alquiler».

Recursos:

En las siguientes direcciones de Internet, tienes las leyes españolas sobre reproducción asistida. Léelas y contesta a las siguientes cuestiones:

Ley 35/1988, de 22 de noviembre, sobre TÉCNICAS DE REPRODUCCIÓN ASISTIDA

(B.O.E. núm. 282, de 24 de diciembre; corrección de errores en B.O.E. núm. 284, de 26 de noviembre de 1988)

Modificada por:

http://www.datadiar.com/actual/legislacion/penal/135_88.htm Derogada

http://www.boe.es/g/es/bases_datos/doc.php?coleccion=iberlex&id=1988/27108&codmap Derogada

LEY 14/2006, de 26 de mayo, sobre técnicas de reproducción humana asistida Vigente

http://www.boe.es/g/es/bases_datos/doc.php?coleccion=iberlex&id=2006/09292

Ley de 2006 sobre técnicas de reproducción asistida: http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/14-2006.html

Noticia en *El Mundo*: <http://www.elmundo.es/elmundosalud/2006/02/15/industria/1140024735.html>

1. Realiza un pequeño resumen en el que se expongan las respuestas a estas preguntas:

- ¿Cuántos óvulos pueden ser fecundados y cuántos embriones transferidos en cada uno de los ciclos? En este aspecto, ¿qué diferencias hay con la ley anterior?
- ¿Cuál es la definición de preembrión?
- ¿Cuáles son las técnicas que se incluyen en la ley sobre la reproducción asistida y que se relacionan en su anexo? Descríbelas brevemente.
- ¿Cuál es la norma sobre la clonación de seres humanos?
- ¿Qué dice la ley sobre los «donantes»?
- ¿Qué dice la ley sobre las «madres de alquiler»?
- ¿Qué dice la ley sobre la conservación de embriones?
- ¿Qué dice la ley sobre los centros de reproducción asistida?



A2.1.4. Hijos a la carta. ¿Cómo los prefieres?

El diagnóstico genético preimplantacional (DGP), es una técnica que permite escoger los embriones idóneos para su implantación en el útero materno. Según esta técnica, ¿cómo van a concebir a sus hijos los padres del futuro? ¿Van a sentirse bien dejando que sea el azar quien trate de aspectos como la salud, el carácter y el aspecto físico del bebé, u optarán por el bebé perfecto, concebido en un laboratorio? ¿Es posible elegir el color de los ojos o del pelo de un bebé? ¿Será éticamente correcto? ¿Será legal? ¿Deberían existir límites para esta práctica?

Lee el siguiente artículo: <http://www.publico.es/ciencias/206209/ofrece/nino/rubio/ojos/azules>

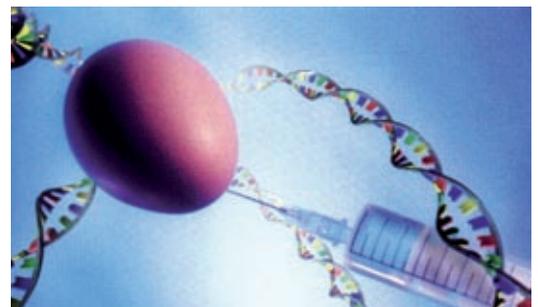
En esta dirección puedes encontrar la información necesaria para responder a las siguientes preguntas:

http://www.bionetonline.org/castellano/Content/db_intro.htm

Animación de *El Mundo* <http://www.elmundo.es/elmundosalud/documentos/2004/01/fiv.html>

1. Preguntas para el debate:

- ¿Qué significa «bebé a la carta»?
- ¿Cómo se realiza? Investiga las técnicas.
- ¿Qué es lo legal? La legislación en Europa.
- ¿Está bien o está mal? ¿Qué opinas?

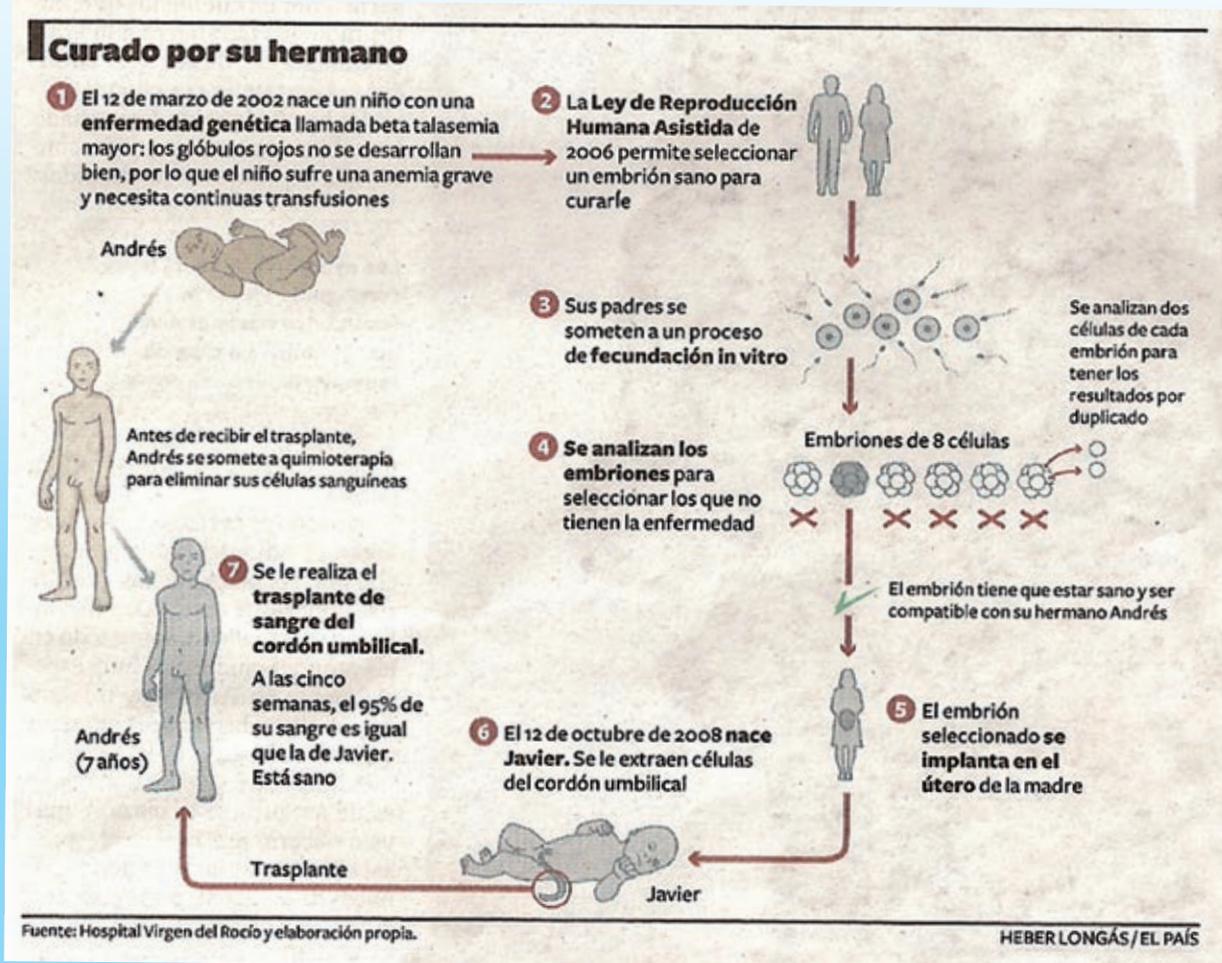


A2.1.4. La ciencia en los medios. Primer niño seleccionado genéticamente en España

Andrés, del que habrás tenido noticia recientemente en los medios de comunicación, padecía **beta talasemia mayor**, una enfermedad congénita, hasta hace unas semanas en que recibió con éxito el trasplante de células del cordón umbilical de su hermano Javier, genéticamente seleccionado.

Se lo considera prácticamente curado. La **Ley de Reproducción Asistida de 2006** lo ha hecho posible.

En el dibujo, aparecido el pasado sábado en el diario El País, se explica el proceso:



Puedes obtener todos los detalles de la noticia en la edición digital del diario El País, del que hemos extractado este pequeño resumen, así como visualizar un interesante video relacionado con esta información.

http://www.elpais.com/articulo/sociedad/primer/nino/geneticamente/seleccionado/Espana/cura/hermano/elpepusoc/20090313elpepusoc_1/Tes

1. Preguntas para el debate:

- ¿Crees necesario fomentar este tipo de tratamiento?
- ¿Estamos ante la solución de las enfermedades que hoy en día más afectan a la población?
- ¿Consideras antinatural este tipo de tratamiento?
- ¿Cuál es tu opinión personal sobre el tema?



2.2. La clonación y sus aplicaciones

Debes saber que:

- ✓ La clonación consiste en la obtención de copias genéticamente iguales.

A2.2.1 La clonación

La clonación es una de las técnicas más modernas utilizadas en biotecnología para obtener copias idénticas de un organismo que nos interesa. La clonación humana o de tejidos humanos es una de las cuestiones que más polémica generan.

Para conocer las bases de esta técnica, visualiza el vídeo y lee detenidamente la información que te proporcionamos a continuación: <http://video.google.es/videoplay?docid=-8026617608996070628&ei=zSGTSYuMCqb8iAKO-qC8Cw&q=clonacion&hl=es>



Recursos

Animación de El Mundo:

<http://www.elmundo.es/elmundosalud/documentos/2006/04/clonaciones.html>

Clonación interesante: <http://www.ugr.es/~eianez/Biotecnologia/Clonacion.html>

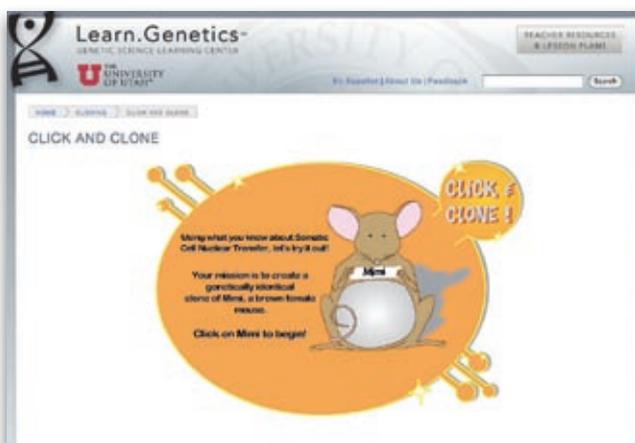
Qué es la clonación: <http://learn.genetics.utah.edu/content/tech/cloning/>

1. Una vez que te hayas informado, contesta a estas preguntas:

- ¿En qué consiste la clonación?
- ¿Qué diferencia existe entre clonación reproductiva y clonación terapéutica?
- ¿Existe alguna posibilidad de clonar tejidos sin tener que crear y destruir un embrión?
- ¿Qué argumentos se exponen en el vídeo en contra de la clonación humana?
- ¿Cuál es tu opinión personal sobre el tema?

A2.2.2 A ver qué has aprendido

Comprueba que has entendido el proceso de clonación realizando los ejercicios que encontrarás en las siguientes páginas:



<http://learn.genetics.utah.edu/content/tech/cloning/clickandclone/>

<http://learn.genetics.utah.edu/content/tech/cloning/cloningornot/>

A2.2.3 El primer perro clonado comercialmente ya está en casa con sus dueños

EL PRIMER PERRO CLONADO COMERCIALMENTE YA ESTÁ EN CASA CON SUS DUEÑOS

Fuente: periódico digital *El Mundo*. Fecha: 29 de Enero de 2009
<http://www.elmundo.es/elmundo/2009/01/29/ciencia/1233231174.html>



Este artículo nos informa sobre la primera clonación canina realizada para su venta. Se puede definir clonación como el proceso por el que se consiguen copias idénticas de un organismo ya desarrollado de forma asexual.

Este negocio ha sido posible gracias a una empresa californiana en Corea del Sur que ha dado vida a Lancey, el protagonista de esta noticia, para una familia de Florida. Los Otto participaron en una subasta para ser los primeros en conseguir el clon y, después de ser elegidos, pagaron la gran suma de 155.000 dólares para poder recibir al animal. Esta pareja conservaba material genético del perro antecesor, el cual había significado mucho para ellos y sufría cáncer. Ahora, pueden gozar de un cachorro Labrador de 10 meses, que tendrá una vida normal de entre 12 y 13 años y que será completamen-

te fértil como para tener descendencia. En relación con el cachorro, no es seguro que vaya a desarrollar un carácter idéntico a su antecesor, pues la personalidad de cada ser vivo es distinta porque se desarrolla en función del entorno. Sin embargo, Otto admitió que «aunque sea distinto, no le vamos a querer menos».

La clonación corrió a cargo de la empresa de biotecnología BioArts International y el científico responsable de este proceso ha sido Lou Hawthorne, que dedujo la idea a partir de la clonación de la oveja Dolly y, posteriormente, compró la licencia mundial para clonar perros y gatos.

Un dato interesante es que, en 2004, la firma Hawthorne clonaba gatos por encargo al precio de 50.000 dólares.

Pero Lancey, este Labrador, no es el primer perro clonado. Un veterinario surcoreano presentó en 2005 por primera vez el clon de un perro. Los estudios que realizó de células embrionarias humanas resultaron falsos pero su creación sí era auténtica.

En conclusión, el ser humano dispone de un gran abanico de procedimientos científicos cada vez mayor y que puede satisfacer deseos como el de esta pareja de estadounidenses.

Enlaces: La clonación Dolly http://www.youtube.com/watch?v=OcpdVy7g_Pc&NR=1

1. Preguntas para el Debate.

- ¿Es bueno clonar?
- Como la mayoría de los procesos y descubrimientos hoy en día, ¿será un negocio más?
- ¿Clonarías a tu mascota? ¿Por qué sí? ¿Por qué no?



2.3. Las células madre

Debes saber que:

- ✓ Las células madre son aquellas que tienen la capacidad de multiplicarse y la posibilidad de desarrollarse y diferenciarse, dando lugar a células especializadas.



A2.3.1 Aprendiendo sobre las células madre



En el DVD que acompaña este material encontrarás la versión interactiva de este ejercicio.

Las células madre, a diferencia del resto de las células del cuerpo (que son expertas en llevar a cabo una función), no están especializadas, pueden dividirse manteniendo ese estado y dar lugar a otros tipos celulares. Por eso son las responsables del crecimiento y reparación de los tejidos. Todos los animales y vegetales las poseen.

En función de su capacidad para producir tejidos diferentes, existen tres tipos de células madre.

Las llamadas totipotentes son capaces de dar lugar a un organismo completo; las pluripotentes pueden producir cualquiera de los tejidos que conforman un individuo, como el epitelial y el muscular; y las multipotentes solo crean los tipos celulares de un tejido determinado.

La capacidad de las células madre disminuye con el tiempo, tomando como punto de partida el momento de la fecundación, según avanza el desarrollo. Las células son totipotentes durante uno o dos días; luego multipotentes hasta los cuatro o cinco días, cuando forman parte de una estructura de unas 150 células que se denomina blastocisto; y existen células multipotentes en un organismo adulto, que serán las encargadas de renovar algunos tejidos.

Es decir, que las únicas células madre que permanecen en un cuerpo adulto son las multipotentes. Por ello se habla de células madre «embrionarias» cuando se cita a las totipotentes y pluripotentes, y de células madre «adultas» cuando se quiere designar a las multipotentes. La consideración de que un blastocisto sea un ser humano pone en evidencia las creencias éticas y religiosas de la sociedad.

Las posibles aplicaciones de las células madre son numerosas, y en la actualidad se investiga con células madre pluripotentes y multipotentes. Por ejemplo, ya se está consiguiendo regenerar un tejido dañado mediante implante de estas células; la generalización de este tratamiento permitiría reconstruir tejidos dañados por infartos, quemaduras, fracturas graves o afectados por muchas y variadas enfermedades; de esta manera podrían tratarse la diabetes, el Alzheimer, el Parkinson, la leucemia o la artritis reumatoide. Por otro lado, la investigación con células madre podría permitir profundizar en el estudio de las primeras etapas del desarrollo y ayudar a evaluar in vitro fármacos como los anticancerígenos.

Para conseguir estos objetivos se puede partir de células madre embrionarias o adultas. En el primer caso, las células se obtienen de óvulos fecundados in vitro, que no han sido utilizados en terapias de infertilidad, o bien de embarazos interrumpidos. Una vez aisladas, las células se ponen bajo las condiciones que llevan a producir el tejido deseado. Si partimos de células madre adultas, se debe lograr que pierdan su limitación para producir exclusivamente células del tejido en el que estaban y que sean capaces de dar lugar a otro determinado.

1. Preguntas para el Debate.

- ¿Qué es una célula madre? Da una definición.
- ¿Cuáles son sus características?
- ¿Cuántos tipos de células madre existen?
- ¿Qué diferencia existe entre células madre pluripotentes y multipotentes?
- ¿Qué se entiende por célula progenitora?
- ¿Cómo se obtienen las células madre?
- ¿Para qué se utiliza la clonación terapéutica?
- ¿Qué utilidad puede tener el estudio de células madre en enfermedades como el Parkinson o el Alzheimer?
- ¿Cuáles son las dos vías de investigación que el autor del artículo se plantea en relación con las células madre y el Parkinson?
- ¿Cuál es tu opinión sobre las células madre? ¿Está bien o está mal?



A2.3.2 Las células madre del cordón umbilical

La extracción de células del cordón umbilical es una posibilidad de obtener material para afrontar diversas enfermedades hematológicas e incluso la posible regeneración de órganos.

Documentate sobre esta técnica en las siguientes direcciones:

Sobre banco de cordón umbilical:

<http://www.youtube.com/watch?v=cVO8dWfSj08&feature=related>

Banco de cordón umbilical:

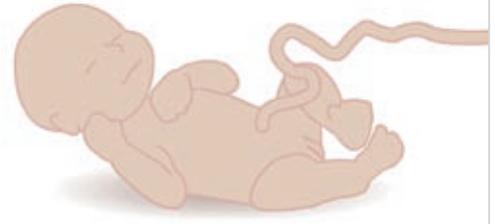
<http://www.youtube.com/watch?v=zRux8qODKYY&feature=related>

Reportaje de células madre:

http://www.youtube.com/watch?v=XLOnAOX4_Jo&feature=related

Las células madre del cordón umbilical:

http://www.elmundo.es/elmundo/2006/graficos/feb/s4/celulas_cordon.html



1. Preguntas para el debate:

- ¿Crees necesario fomentar este tipo de tratamiento?
- ¿Estamos ante la solución de las enfermedades que hoy en día más afectan a la población?
- ¿Consideras antinatural este tipo de tratamiento?
- ¿Cuál es tu opinión personal sobre el tema?

A2.3.3 Debate: ¿Debemos reproducir embriones humanos para curar enfermedades?

Entra en la siguiente Web **Bionet** <http://www.bionetonline.org/castellano/default.htm>

1. Preguntas para el debate:

- ¿Debemos reproducir embriones humanos para curar enfermedades? ¿Elegirías los genes para hacer un «bebé a la carta»? ¿Comerías alimentos modificados genéticamente? ¿Te mantendrán sano los nuevos tratamientos médicos y podrás vivir para siempre?
- ¿Qué significa? Introducción a las células madres.
- ¿Cómo se realiza? Investiga las técnicas.
- ¿Qué es lo legal? La legislación en Europa.
- En este apartado puedes informarte de la legislación al respecto en varios países, dar tu opinión votando y compararla con la de otros ciudadanos.
- ¿Está bien o está mal? ¿Qué opinas? También hay un cuestionario.



2.4. La bioética.

Los límites de la investigación científica

Debes saber que:

- ✓ La bioética es uno de los grandes temas de nuestro tiempo, solo comparable en importancia a las migraciones humanas, el cambio climático o la búsqueda de un orden económico mundial.

A2.4.1. Foro de Bioética

Hoy en día, como has podido comprobar al estudiar esta unidad, el desarrollo científico y técnico de la genética ha conseguido mejorar mucho las condiciones de vida de la humanidad, pero también se ha utilizado en guerras bacteriológicas o en el deterioro del medio ambiente. En definitiva, estos avances de la ciencia han hecho que nos planteemos si todo lo que la ciencia y la tecnología permiten realizar se debe hacer o no. Esto ha planteado un debate en la sociedad y ha dado lugar al concepto de bioética.



Busca información en los libros de texto del área y en las siguientes direcciones sobre este concepto y responde a las preguntas que vienen a continuación:

Bioética en la Wikipedia: <http://es.wikipedia.org/wiki/Bio%C3%A9tica>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Bio%C3%A9tica>

Bioética en la red: http://www.bioeticaweb.com/index.php?option=com_content&task=blogsection&id=7&Itemid=790%A0no_html=1

Asociación catalana de estudios bioéticos: <http://www.aceb.org/1pres.htm>

Asociación Española de Bioética y Ética Médica (AEBI): <http://www.aebioetica.org/index.htm>

Bionet: <http://www.bionetonline.org/castellano/default.htm>

Genética y bioética: <http://cerezo.pntic.mec.es/~jllacaden/presen00.html>

Bioética: <http://www.fisterra.com/formacion/bioetica/index.asp>

<http://www.bioteca.es/bioteca.asp>

Biotecnología: <http://www.bioeticanet.info/enlaces.htm>

Biotecnología ayer hoy y mañana:

<http://www.explora.cl/otros/Xsemana/concursos/actividad/region4/coquimbo/miWeb29/index.htm>

<http://www.explora.cl/otros/Xsemana/concursos/actividad/region5/biogenesis/Intro.html>

1. Preguntas para el debate:

Redacta un breve documento en el que se recojan:

- a) Una definición del concepto de bioética
- b) Los principios éticos fundamentales que deberían tener en cuenta los profesionales de un comité de bioética
- c) ¿Cómo crees que debería ser el perfil de un comité de bioética: más humanista o científico?

A2.4.2 El test genético

Observa la siguiente animación: http://www.elmundo.es/elmundosalud/documentos/2008/05/test_genetico.html

1. ¿Podrían las empresas pedir un test genético antes de contratarte?
2. ¿Y las compañías aseguradoras obligarnos a presentar un test genético, al igual que lo hacen hoy en día con el certificado médico, antes de asegurarte?



3. Biografías de científicos. Enfermedades prevalentes en Canarias y su base genética

A3.1. Biografías de médicos genetistas

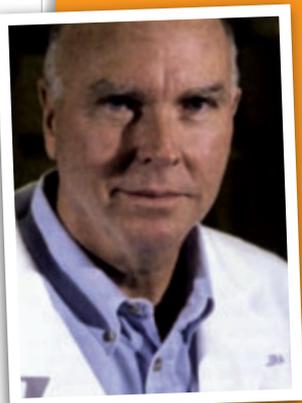
1. Completa la biografía de ambos científicos con la ficha suministrada por el profesorado.

Craig Venter (1946)

Bioquímico y farmacólogo estadounidense.

Ingresó en el National Institutes of Health en 1984. Fue el presidente fundador de Celera Genomics y se hizo famoso al arrancar su propio Proyecto Genoma Humano en 1999, al margen del consorcio público y utilizando la técnica shotgun sequencing. Uno de sus logros fue descifrar por primera vez la secuencia completa de un organismo vivo: la bacteria *Haemophilus influenzae*.

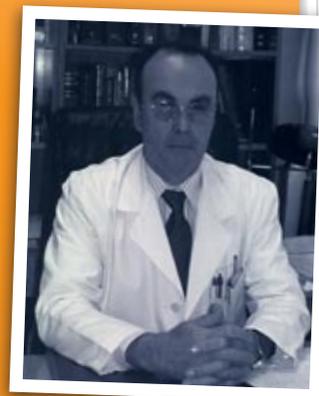
Fundó The Institute for Genomic Research (TIGR) en 1992. Actualmente es el presidente del J. Craig Venter Institute, creado y fundado por el TIGR. En junio de 2005, cofundó Synthetic Genomics, una firma dedicada al uso de microorganismos modificados genéticamente para la producción de etanol e hidrógeno como combustibles alternativos.



Manuel Fernández Rodríguez (1938)

Médico canario

Nace en Santa Cruz de La Palma en 1938. Es catedrático de Medicina y especialista en Hematología y Hemoterapia. Cuenta con una prolongada y muy brillante trayectoria académica y profesional. Es uno de los pioneros en el campo del trasplante de progenitores hemopoyéticos obtenidos a partir de sangre de cordón umbilical. En este terreno ha realizado unas importantes contribuciones de gran originalidad, las cuales han recibido reconocimientos internacionales muy destacados.



Fue Premio Canarias de investigación 2005

2. Sanidad investiga en el Hospital Universitario de Gran Canaria Dr. Negrín los aspectos genéticos y moleculares de las enfermedades prevalentes en Canarias. [Comunicación emitida el 6/07/2009]

El centro hospitalario Dr. Negrín cuenta con una Unidad de Investigación en la que una veintena de especialistas desarrolla proyectos relacionados con la diabetes, el asma, la enfermedad renal, la isquemia coronaria y el cáncer entre otras.

Se desarrollan actualmente un total de 15 proyectos de investigación destinados al estudio de los aspectos genéticos, moleculares y fisiopatológicos de las enfermedades prevalentes en Canarias. El objetivo principal de estas investigaciones es determinar la incidencia de estas patologías en la población canaria y su posible relación con factores genéticos-ambientales.

Esta Unidad, además de realizar su propia investigación, asesora y da soporte a la actividad investigadora de calidad de todos los profesionales sanitarios del centro hospitalario interesados en realizar trabajos de investigación en el área clínica, incluyendo los ensayos clínicos. En total, el Hospital Universitario de Gran Canaria Dr. Negrín desarrolla más de 30 proyectos de investigación llevados a cabo por más de 40 investigadores que pertenecen al centro hospitalario.

Las investigaciones más relevantes realizadas han sido publicadas en revistas de gran difusión y alto impacto científico.

Las líneas de investigación más relevantes de la Unidad de forma independiente o en colaboración con alguno de los Servicios Clínicos son:

- Nefropatía Diabética. Genes y Morbi-mortalidad cardiovascular.
- Dislipemias. Estrés Oxidativo. Genes.
- Enfermedad Coronaria. Inflamación. Oxidación. Gen p22phox.
- Enfermedad Coronaria. Genes candidatos. Susceptibilidad.
- Progresión de las Enfermedades renales. Mecanismos Moleculares.
- Polimorfismos génicos de las enfermedades asmáticas. Marcadores.
- Cáncer de mama.
- Osteosarcoma. Búsqueda de nuevos fármacos antitumorales.
- Oxigenación tumores de cabeza y cuello. Ozonoterapia.
- Mutaciones MBL. Lupus eritematoso sistémico enfermedad CV.
- Enfermedades respiratorias. Distress respiratorio del adulto.
- Trasplante pulmonar. Modelo experimental.
- Células madre.

- a) Indica cuáles son las enfermedades prevalentes en Canarias y cuáles son sus aspectos genéticos y moleculares.
- b) ¿Cómo se ha producido la enfermedad renal familiar investigada? ¿En qué consiste la diálisis?



E. EJEMPLIFICACIÓN: Extracción casera de ADN

Práctica de laboratorio. Extracción casera de ADN de un ser vivo.

¡ADN! ¿Sabes que puedes verlo fácilmente? ¿Cómo?

Solo sigue estos tres sencillos pasos:

Alcohol

Detergente

eNzimas (ablandador de carne)

¿Es así de simple? ¿A que estás intrigado?

Pues averígualo tú mismo observando el siguiente vídeo en el que se explica cómo se realiza la extracción casera del ADN de un ser vivo.



<http://es.youtube.com/watch?v=2csuWqN4CM0>

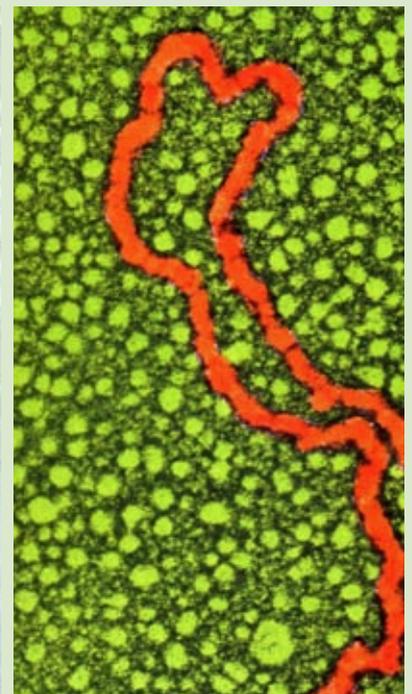
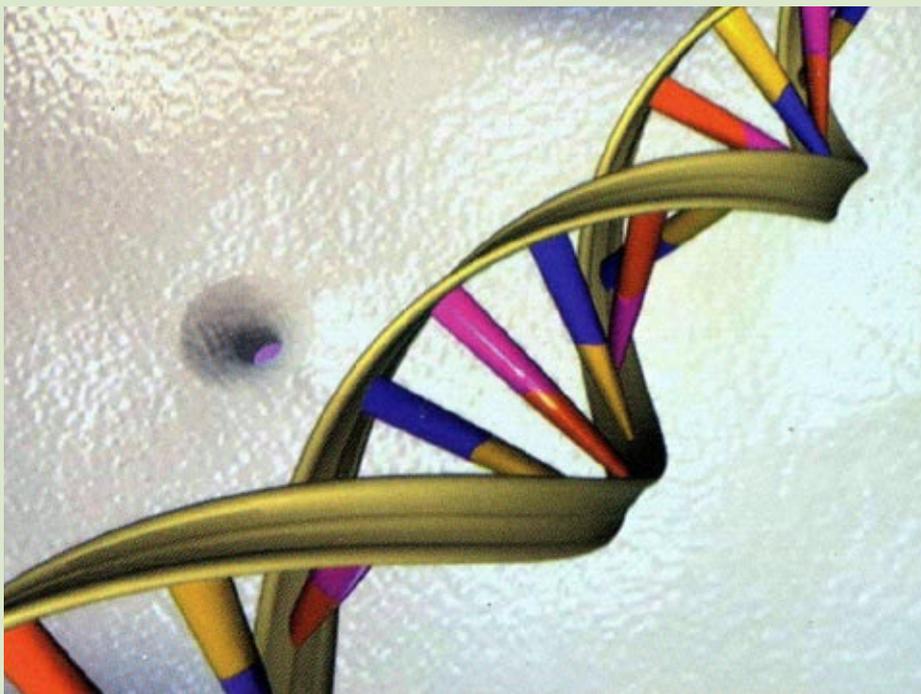
Otro video: <http://www.youtube.com/watch?v=7jnHtKYI0ng&feature=related>

Y la siguiente información de esta página: <http://learn.genetics.utah.edu/es/units/activities/extraction/>

1. Después de estudiar el vídeo detenidamente, elabora un documento, a modo de informe, en el que expliques en qué consiste la práctica. Cuando lo tengas terminado, enséñaselo al profesor que te lo revisará y dará el visto bueno para realizar la práctica.

Incluye en el informe final la respuesta a las siguientes preguntas:

- a) ¿Para qué utilizaste el alcohol?
- b) ¿Para qué usaste el detergente?
- c) ¿Para qué necesitaste el ablandador de carne?
- d) Describe lo que observas en la parte final de la experiencia.
- e) Anota tus ideas acerca de cómo podría mejorarse la experiencia.



F. GRANDES RETOS DE LA CIENCIA.

Lo que le queda por saber a los científicos.

Sabemos muchas cosas sobre la genética y sus técnicas, pero aún quedan muchas cuestiones por saber.

Analiza y comenta alguna de las preguntas que aún no tienen respuesta.

¿Qué controla la regeneración de los órganos?

En las sociedades industrializadas, las enfermedades crónicas y las degenerativas son el mayor problema sanitario y crecen en importancia según aumenta la edad media de la población. El desarrollo de la medicina regenerativa (la reconstrucción de órganos y tejidos) durante el siglo XXI será el equivalente al descubrimiento de los antibióticos en el siglo XX. Pero antes de que esto sea una realidad, los investigadores deberán descubrir las señales y procesos que controlan la regeneración.

Algunos animales, como la salamandra, regeneran sus tejidos volviendo a poner en marcha los mecanismos genéticos que guían la formación del organismo durante el desarrollo del embrión. Los embriones humanos tienen un desarrollo similar, pero perdemos el poder de regeneración una vez hemos nacido. Si los científicos pueden «encender» de nuevo estos mecanismos, tal vez en un futuro podamos encargar repuestos para nosotros mismos.

¿Cómo una célula de la piel puede convertirse en una célula nerviosa?

Si los alquimistas de la Edad Media buscaban el elixir que permitiese convertir cualquier metal en oro, los biólogos modernos han aprendido a transformar una simple célula de la piel en una valiosa célula madre, y esta, en casi cualquier otro tipo (nerviosa, muscular, etc.). Con ellas buscan encontrar tratamientos para curar enfermedades hasta ahora incurables como el Parkinson. Pero, al igual que los antiguos alquimistas, los biólogos trabajan con las células madre y la clonación sin comprender realmente en profundidad cómo funcionan estos procesos.

Los científicos están comenzando a entender cómo interactúan los genes para dirigir el complejo proceso de diferenciación celular, proceso mediante el cual las células madre se especializan dando lugar a células de los distintos tejidos que forman un organismo vivo. Descubrir el funcionamiento conjunto de los 25.000 genes del ser humano llevará décadas, pero si sucede, el hallazgo valdrá muchísimo más que su peso en oro.

¿Por qué los humanos tenemos tan pocos genes?

Cuando comenzó a secuenciarse nuestro genoma, los científicos pensaban que los humanos tendríamos cerca de 100.000 genes. Pero una vez terminada la secuenciación, descubrieron que únicamente eran 25.000, unos pocos más de los que tiene el gusano *C. elegans* y menos de los que posee la planta *Arabidopsis*. La antigua regla de «un gen, una proteína» ya no es válida. Cada vez está más claro que muchos genes pueden formar más de una proteína.

Proteínas reguladoras, ARN, ADN; estos y otros elementos trabajan juntos en la coreografía de la expresión genética, un aspecto fundamental que fascina a los biólogos y que ha sido objeto de enormes avances en su comprensión. Pero la pregunta de por qué un organismo aparentemente menos complejo que un ser humano necesita más genes para desarrollarse sigue sin tener respuesta.

1. ¿Qué es el proyecto Quijote, en qué consiste?
2. ¿Crees que esta sería la única posibilidad de que se terminase la vida en la tierra, o por el contrario existen otras posibilidades? Explica las diferentes posibilidades que creas que pueden ocurrir.



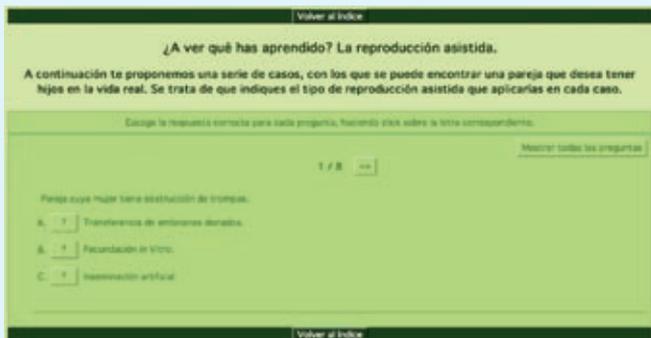
G. AUTOEVALUACIÓN



En el DVD que acompaña a este material encontrarás la versión interactiva de este ejercicio.

A continuación te proponemos una serie de casos con los que se puede encontrar una pareja que desea tener hijos en la vida real. Se trata de que indiques el tipo de reproducción asistida que aplicarías en cada caso.

1. Pareja cuya mujer tiene obstrucción de trompas.
 - a) Inseminación artificial
 - b) Fecundación in vitro
 - c) Transferencia de embriones donados
2. Pareja en la que el hombre es estéril.
 - a) Inseminación artificial
 - b) Fecundación in vitro
 - c) Transferencia de embriones donados
3. Pareja en la que la mujer tiene un fallo ovárico.
 - a) Inseminación artificial
 - b) Fecundación in vitro
 - c) Transferencia de embriones donados
4. Pareja en la que no hay causa clara de esterilidad ni en el hombre ni en la mujer.
 - a) Inseminación artificial
 - b) Fecundación in vitro
 - c) Transferencia de embriones donados
5. Pareja joven sin hijos, cuya mujer recibirá en breve tratamiento contra un melanoma.
 - a) Inseminación artificial
 - b) Fecundación in vitro
 - c) Transferencia de embriones donados
6. Pareja con dos abortos y un hijo que murió al nacer por problemas genéticos.
 - a) Inseminación artificial
 - b) Fecundación in vitro
 - c) Transferencia de embriones donados
7. ¿Cuáles son los inconvenientes de la fecundación in vitro?
 - a) Embarazos múltiples, gemelos o trillizos
 - b) Embarazo ectópico
 - c) No tiene inconvenientes
8. Señala las respuestas correctas:
 - a) En la fecundación in vitro la unión del espermatozoide y el óvulo se realiza en el laboratorio
 - b) En la inseminación artificial la unión del espermatozoide y el óvulo se realiza en el laboratorio
 - c) La inseminación artificial consiste en la introducción médica del semen, previamente tratado, en el útero de la mujer. La fecundación no se realiza en el laboratorio.
 - d) La fecundación in vitro consiste en la introducción médica del semen, previamente tratado, en el útero de la mujer. La fecundación no se realiza en el laboratorio.
9. Indica las diferencias entre inseminación artificial y fecundación in vitro.
10. ¿Cómo se llama el conjunto de células que se tiene a los cinco días de la fecundación?



H. PARA SABER MÁS: BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

Bibliografía:

- BECQUER, J. M., *Biología: Curso de prácticas de laboratorio*, Zaragoza, Acribia, 2005.
- BERIAIN, Miguel, *La clonación, diez años después*, Granada, Editorial Comares, 2008.
- CARDONA, Lluís, *Genética, De Darwin Al Genoma Humano*, Madrid, Editorial Océano, 2008.
- DE PIERCE Benjamín A., *Genética: Un enfoque conceptual*, Barcelona, Editorial médica Panamericana, 2009.
- DE DAVIES, Kevin, *La conquista del genoma humano: Craig Venter, Francis Collins, James Watson y la historia del mayor descubrimiento científico de nuestra época*, Barcelona, Paidós Ibérica, 2001.
- GRIBBIN, John, *En busca de la doble hélice. La evolución de la biología molecular*, Barcelona, Salvat, 1989.
- HOUBEINE, Louis-Marie, *Los transgénicos: verdades y mentiras sobre los organismos genéticamente modificados*, Barcelona, Salvat, 2001.
- IZQUIERDO, M., *Ingeniería Genética y transferencia génica*, Madrid, Pirámide, 2001.
- LÓPEZ GUERRERO, José Antonio, *Células Madre, La Madre De Todas Las Células*, Madrid, Editorial Hélice, 2005.
- MARANTZ, Robin, *El monje en el huerto. La vida y el genio de Gregor Mendel. El padre de la genética*, Madrid, Editorial Debate, 2001.
- RENNEBERG, Reinhard, *Biología para principiantes*, Barcelona, Reverte, 2008.
- RIFKIN, Jeremy, *El siglo de la biotecnología: el comercio genético y el nacimiento de un mundo feliz*, Barcelona, Paidós Ibérica, 2009.
- SOUTULLO, Daniel, *Las células madre, el genoma y las intervenciones genéticas: ensayos sobre las implicaciones sociales de la biología*, Madrid, Talasa Ediciones, 2006.
- SMITH, John E., *Biología*, Zaragoza, Acribia, 2006.
- SOBERON MAINERO, Francisco Xavier, *La ingeniería genética, la nueva biotecnología y la era genómica*, México, Fondo de Cultura Económica, 2009.
- VILLALOBOS, V. y VICTOR, M., *Los transgénicos: oportunidades y amenazas*, Mundi-Prensa Libros S.A., 2007.
- WATSON, James D., *La doble hélice*, Barcelona, Plaza y Janés, 1978.

Webgrafía:

Para el desarrollo de los conceptos o contenidos de este apartado se pueden utilizar las siguientes páginas de Internet:

- La genética al alcance de todos. <http://www.lagenetica.info/>
- Página de Genética. <http://www.ucm.es/info/genetica/grupod/index.htm>
- Los secretos de la vida. Conjunto de animaciones de *El País*. http://www.elpais.com/graficos/sociedad/secretos/vida/elpgasoc/20080125elpepusoc_1/Ges/
- Genética humana. <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/concurso2006/ver/26/genetica1.html>
- Otra web de cariotipo. <http://www.unav.es/genetica/KY/Ejercicio1.html>
- Identificación de bacterias por métodos moleculares. http://www.hhmi.org/biointeractive/vlabs/bacterial_id/index.html
- Secuenciación. <http://smcg.cifn.unam.mx/enp-unam/03-EstructuraDelGenoma/animaciones/secuencia.swf>
- Terapia génica. <http://www.portalplanetasedna.com.ar/terapia.htm>
- WebQuest Hello Dolly. http://www.bioxeo.com>Hello_Dolly/index.htm

Webquest:

- **Clonación.** http://www.phpwebquest.org/wq25/webquest/soporte_tablon_w.php?id_actividad=19682&id_pagina=1
- La oveja Dolly. <http://www.portalplanetasedna.com.ar/dolly.htm>
- **Para trabajar con películas.** <http://www.aebioetica.org/biocine.htm>
http://www.educared.org.ar/enfoco/recursos/archivo/alfabetizacion_cientifica.asp

