



# La revolución de la biotecnología

## **Introducción:**

La biotecnología nos permite conocer, e incluso modificar, las características más íntimas de los seres vivos, las que constituyen su código genético. Pero cabe preguntarse hasta qué punto es correcto dejar que los científicos alteren y creen organismos. ¿Qué límites deben imponerse a la selección e implantación de embriones? ¿Cuál es el impacto de la biotecnología en los países en vías de desarrollo? ¿En qué medida tenemos derecho a saber o ignorar cuál es nuestra predisposición genética a sufrir enfermedades? ¿Quién paga los costes que supone la obtención de esta información genética?

Varios grupos de 8 a 12 estudiantes debaten sobre las cuestiones planteadas por cada una de las afirmaciones y eligen qué posición debería ocupar cada carta entre “de acuerdo” y “en desacuerdo”. Los grupos más numerosos pueden utilizar el recurso para iniciar un debate abierto sobre el tema o bien se pueden usar formatos que requieran que los estudiantes trabajen más formalmente o en grupos más reducidos.

## **Contenidos:**

El recurso está formado por:

- Una carta DE ACUERDO y una EN DESACUERDO
- 12 cartas de debate, que contienen una afirmación sobre algún aspecto del desarrollo de medicamentos y del acceso a los mismos, y otra información, si procede.
- 7 cartas de información, que contienen información más detallada sobre los elementos referidos en las cartas de debate.

## **Reglas del juego:**

1. Los jugadores forman grupos reducidos, de hasta 12 personas. Cada grupo recibe una carta DE ACUERDO, una carta EN DESACUERDO y 12 cartas de debate.
2. Cada grupo coloca en el suelo o sobre la mesa, con un metro de separación, la carta DE ACUERDO y la carta EN DESACUERDO, para representar los dos extremos de un continuo. Las cartas de debate se colocarán en ese espacio de separación.
3. El primer jugador lee la primera carta de debate al resto del grupo. El jugador deberá comprobar que todos comprenden la carta y utilizará las hojas de información cuando proceda para asegurarse de que el grupo comprende la afirmación.
4. A continuación, el primer jugador decide en qué medida está de acuerdo con la primera carta. Coloca la carta boca arriba en un punto del continuo del debate, más o menos cerca de DE ACUERDO o EN DESACUERDO, según su criterio. Esta será la elección del jugador y el grupo no la someterá a debate. Si lo desea, el jugador podrá dar una justificación.
5. A continuación, los jugadores, por turnos, leen una carta, comprueban que todos la comprendan y eligen individualmente dónde colocarla en el continuo, como hemos visto anteriormente.
6. Una vez se hayan leído, comprendido y colocado en el continuo todas las cartas, podrá iniciarse el debate. El objetivo consiste en colocar las cartas entre DE ACUERDO y EN DESACUERDO en un orden convenido por la mayoría de los jugadores. Los jugadores deberán coger una carta de debate y discutir si moverla.
7. Al final del debate, cada grupo deberá tener un continuo acordado por la mayoría.
8. Si varios grupos están jugando simultáneamente, el orientador puede desear poner en común los resultados de todos ellos. ¿Son similares? ¿Puede alguien de cada grupo explicar sus decisiones sobre una carta en particular?

**Debate elaborado por Ecsite, en colaboración con el Parc Científic Barcelona, en el marco del proyecto Xplore Health.**

**Agradecemos a At-Bristol la elaboración del formato del Discussion Continuum: [www.at-bristol.org.uk](http://www.at-bristol.org.uk)**

**De acuerdo**

**En**

**desacuerdo**

# Cartas de debate

*El texto en negrita es la “afirmación” con la que el jugador puede estar de acuerdo o no. El texto en cursiva es la información adicional. Para obtener más información adicional, los jugadores pueden consultar las cartas de información.*

**“No se debe utilizar, ni siquiera desarrollar, ninguna nueva tecnología hasta que no estemos 100% seguros de que no es peligrosa para la salud humana”.**

*Véase la tarjeta informativa F, Principio de precaución*

**“Unos familiares míos tienen una enfermedad genética que no tiene curación. Puede que yo también la tenga, pero tengo derecho a elegir que no me hagan la prueba, porque no quiero saberlo.”**

*Hay pruebas genéticas que permiten saber cuál es la predisposición a sufrir ciertas enfermedades.*

**“Las entidades de crédito hipotecario y de préstamo han de tener acceso a la información genética, porque no deberían prestarle dinero a alguien que va a enfermar o morir.”**

*Hay pruebas genéticas que permiten saber cuál es la predisposición a sufrir ciertas enfermedades.*

**“Debe gastarse menos en la investigación biotecnológica de enfermedades que afectan al mundo occidental, y más en las que afectan al tercer mundo, como la falta de vitaminas.”**

*Dos proyectos de biotecnología para países en vías de desarrollo son el denominado "Arroz Dorado" y la vacuna contra la malaria. Véase la Tarjeta Informativa F, Justicia distributiva*

**“No es ético crear animales modificados genéticamente para extraerles los órganos y trasplantarlos a seres humanos.”**

*La introducción de un gen nuevo en un organismo para cambiar sus propiedades y las de su progenie se denomina transgénesis. Por ejemplo, la transgénesis en cerdos permite obtener órganos para su trasplante a seres humanos. Véase la Tarjeta Informativa C, Xenotrasplante*

**“Debería prohibirse combinar genes de seres humanos con genes de chimpancés o simios, o acabaremos creando un híbrido entre simio y ser humano que estaría fuera de toda ética.”**

*Véase la Tarjeta Informativa C, Xenotrasplante*

**“Es inmoral seleccionar e implantar sólo embriones “perfectos” para el tratamiento de la esterilidad. No deberíamos determinar nosotros si presentan predisposición a sufrir enfermedades no mortales, debería hacerlo la naturaleza.”**

*Véase la Tarjeta Informativa B, Selección de embriones*

**“Si un niño sufre una enfermedad incurable y no existen donantes de células sanas, los padres deberían poder seleccionar un embrión (su futuro hermano o hermana) que tenga las células sanas para poder trasplantárselas.”**

*Un “bebé medicamento” es un bebé que nace con unos órganos o células que son trasplantados a un hermano o hermana que sufre una enfermedad mortal como el cáncer o la anemia de Fanconi, cuyo tratamiento óptimo es el trasplante de células madre.*

**“Los padres no deberían nunca poder decidir el sexo de sus hijos.”**

*Véase la Tarjeta Informativa B, Selección de embriones*

**“La obtención de células madre humanas para fines terapéuticos por transferencia nuclear (o "clonación terapéutica") no plantea ningún problema ético. Puede ayudar a tratar y prevenir enfermedades, y por ello hay que fomentarla por todos los medios.”**

**“El médico tiene que respetar la privacidad del paciente. Si a una persona se le diagnostica que es propensa a sufrir una enfermedad, ésta tiene el derecho de no decírselo a su familia.”**

*Gracias a la biotecnología hay pruebas genéticas que permiten saber cuál es la predisposición a sufrir ciertas enfermedades. Como esta predisposición es genética, los parientes más cercanos del paciente (como, por ejemplo, sus hermanos y hermanas) son quienes más probabilidades tienen de presentar esta predisposición.*

**“Si se hacen suficientes pruebas para demostrar que no plantea ningún riesgo, no existe razón alguna para que los científicos no puedan crear especies totalmente nuevas generando su código genético”**

*La biología sintética consiste en el diseño y la creación de funciones y sistemas biológicos nuevos inexistentes en la naturaleza. Véase la Tarjeta Informativa G, Biología sintética*



# Carta de información A:

## Investigación en células madre

### ¿Qué son las células madre?

Las células madre son aquéllas de las que se pueden generar otras células del organismo, como por ejemplo las células de la piel, musculares o sanguíneas. Son el fondo natural de supervivencia del organismo y son únicas por cuanto son capaces de autorrenovarse, generando así más células madre y otras células más especializadas.

Las células madre a menudo se clasifican en dos grupos: las adultas (como, por ejemplo, las de la piel, que dan lugar a células cutáneas nuevas que sustituyen a las que han envejecido o sufrido daños) y las embrionarias. Las células madre embrionarias se encuentran en el embrión de 5 días de desarrollo, cuando es una esfera diminuta que contiene unas 100 células. También se hallan en cantidades importantes en el feto en desarrollo y en la sangre del cordón umbilical durante el parto. A finales de 2007, los científicos determinaron las condiciones en que algunas células humanas adultas podían reprogramarse genéticamente y adoptar un estado similar al de las células madre. Estas células madre se conocen como "células madre pluripotentes inducidas" (CMPI).

### ¿Cuáles son las posibles aplicaciones de la investigación en células madre?

- Las células madre pueden servir para estudiar el desarrollo de un organismo complejo a partir de un óvulo fecundado, y para desarrollar tratamientos para enfermedades como el cáncer o para los defectos de nacimiento.
- Las células madre pueden sustituir a células dañadas para tratar enfermedades, propiedad que ya se está utilizando para el tratamiento de quemaduras y para regenerar el sistema hemático en pacientes con leucemia.
- Las células madre también pueden ser la clave para reponer las células que se pierden en muchas otras enfermedades devastadoras que hoy no tienen curación a largo plazo, como la enfermedad de Parkinson, el ictus, las enfermedades cardíacas y la diabetes.
- Las células madre podrían utilizarse para modelar procesos patológicos en el laboratorio y determinar con mayor exactitud por qué se producen.
- Las células madre pueden servir para analizar nuevos tratamientos farmacológicos, y reducir así la necesidad de pruebas en animales.

La investigación en células madre embrionarias está estrictamente regulada en prácticamente todo el mundo, ya que comporta crear una línea (cultivar un banco) de células madre, y para ello hay que destruir un embrión humano o realizar una clonación terapéutica. Son técnicas altamente especializadas que no están exentas de polémica. En la Unión Europea, la investigación en células madre de embriones humanos está permitida en Suecia, Finlandia, Bélgica, Grecia, Gran Bretaña, Dinamarca, España y los Países Bajos; en Alemania, Austria, Irlanda, Italia y Portugal, sin embargo, es ilegal.

Fuente: EuroStemCell FAQ, <http://www.eurostemcell.org/faq>

# Carta de información B:

## Selección de embriones

### ¿Qué es la selección de embriones?

La selección de embriones, también denominada "diagnóstico genético preimplantacional", es una tecnología que permite que los padres seleccionen ciertas características del feto, incluso antes del inicio de la gestación.

### ¿Qué ventajas presenta?

Les permite no transmitir incapacidades o trastornos genéticos (que, en caso de que el feto los sufra, les plantearía el dilema de optar por un posible aborto). Para crear embriones con vistas al diagnóstico genético preimplantacional se utilizan técnicas de fecundación *in vitro* (FIV) convencionales.

### ¿Cómo se seleccionan los embriones?

Cuando el embrión se ha desarrollado hasta constar de unas ocho células se extraen una o dos de ellas y se analiza su ADN para determinar sus características. Si no presenta el trastorno genético objeto de análisis, el embrión puede ser transferido al útero y puede proseguir el embarazo.

### ¿Qué problemas éticos plantea?

Como permite determinar el sexo del embrión, puede utilizarse para seleccionar embriones de un sexo y no de otro, en aras del equilibrio de sexos en la familia. En el futuro quizá sea posible hacer otras "selecciones sociales".

Sus costes son considerables y es posible que no siempre esté cubierta por las aseguradoras sanitarias o la seguridad social. Con esto se ensancha la brecha entre quienes pueden pagarla y la mayoría de quienes, por muy beneficiosa que pueda serles, no se la pueden costear.

El diagnóstico genético preimplantacional permite detectar características genéticas no relacionadas con ninguna necesidad médica, lo que remite a la polémica sobre los "bebés de diseño".

Fuente: PlayDecide game PGD <http://www.playdecide.eu/play/topics/preimplantation-genetic-diagnosis-pgd/en>

Página de Wikipedia sobre el DGP:

[http://es.wikipedia.org/wiki/Diagnóstico\\_genético\\_preimplantacional](http://es.wikipedia.org/wiki/Diagnóstico_genético_preimplantacional)

# Carta de información C:

## Xenotrasplante

### ¿Qué es el xenotrasplante?

El xenotrasplante (*xenos*- significa "extranjero" en griego), que es el trasplante de células, tejidos u órganos vivos de una especie a otra, incluye lo siguiente:

- El trasplante de órganos enteros.
- El trasplante de células con fines terapéuticos.
- Los hígados bioartificiales (HBA), en los que se utilizan células de hígado de cerdo para realizar las funciones esenciales del hígado natural.

### Trasplantes tradicionales

Desde los primeros trasplantes de corazón, el trasplante que suele considerarse óptimo es el de órganos (humanos) vivos. Sin embargo, por cada órgano donado hay 5 pacientes que esperan un trasplante. Este problema, conocido como "escasez de órganos", es un problema grave, ya que normalmente no hay tratamientos alternativos. Los enfermos con fibrosis quística, una enfermedad hereditaria, tienen muy pocas probabilidades de vivir más allá de los treinta años de edad si no reciben un trasplante de pulmón o corazón-pulmón.

### Resolver el problema de la "escasez de órganos"

El xenotrasplante podría mitigar la escasez de órganos por medio del uso de órganos de cerdos o primates (principalmente simios y macacos), ya que su tamaño y estructura son similares a los de los seres humanos. El cerdo es la mejor especie como donante de órganos para seres humanos, porque sus órganos tienen el tamaño adecuado, son relativamente baratos y suscitan menos problemas éticos que los macacos o simios.

Aparte de los estudios del trasplante de órganos enteros, se está estudiando el uso de neuronas porcinas para tratar la enfermedad de Parkinson y de Huntington.

### Superar el problema del rechazo

La dificultad que presenta el xenotrasplante es que el sistema inmunitario humano considera al órgano nuevo como un "extraño" y reacciona contra éste. Los trasplantes de órganos humanos tienen cada vez más éxito debido a los fármacos inmunosupresores, que inhiben el rechazo, y a la mejora de las técnicas quirúrgicas. Para superar el problema del rechazo de los xenotrasplantes, los científicos modifican genéticamente a los animales, eliminando la molécula que marca a la especie animal como extraña para el sistema inmunitario humano, o introduciendo genes humanos en cerdos.

Fuente: *Xenotransplantation Decide Game*,  
[http://www.playdecide.eu/decide\\_kits/xenotransplantation/en](http://www.playdecide.eu/decide_kits/xenotransplantation/en)

# Carta de información D: Clonación (TNCS)

La clonación, o transferencia nuclear de células somáticas (TNCS), es la técnica que se utilizó para crear a la oveja Dolly, el primer animal que fue una copia genética de otro adulto.

Este procedimiento consiste en extraer el núcleo de un óvulo y sustituirlo por el núcleo de una célula de otro adulto. En el caso de Dolly, la célula procedía de la mama de una oveja adulta. Este núcleo contenía el ADN de esta oveja. Después de introducirlo en el óvulo, se le estimula artificialmente para que se divida y se comporte de modo similar a un embrión fecundado por un espermatozoide. Después de muchas divisiones en cultivo, esta única célula forma un blastocisto (embrión que cuenta con unas 100 células) cuyo ADN es casi idéntico al del donante original (clon genético).

En esta fase, la clonación puede seguir dos posibles vías:

## **Clonación reproductiva**

Para crear a Dolly, el blastocisto clonado se transfirió al útero de una oveja receptora en el que se desarrolló. Al nacer pronto se convirtió en la oveja más famosa del mundo. Cuando la clonación se utiliza con este fin (para obtener una copia viva de un animal vivo), se le suele denominar "clonación reproductiva". Esta clonación se ha realizado con éxito en ovejas, cabras, vacas, ratones, cerdos, gatos, conejos y perros.

Es una disciplina que no está relacionada con la investigación en células madre. En prácticamente todo el mundo está prohibida la clonación reproductiva de seres humanos.

## **Clonación terapéutica**

En la clonación terapéutica el blastocisto no se transfiere a un útero. En este caso, se aíslan células madre embrionarias del blastocisto clonado que son genéticamente idénticas a las del organismo donante, lo que es muy prometedor para el estudio de enfermedades genéticas. Por ejemplo, mediante transferencia nuclear pueden generarse células madre a partir de células adultas de un paciente con diabetes o enfermedad de Alzheimer. A continuación estas células madre pueden estudiarse en el laboratorio para conocer los mecanismos de la enfermedad.

A largo plazo, la clonación terapéutica también podría utilizarse para generar células genéticamente idénticas a las de un paciente. El paciente al que se le trasplantaran estas células no sufriría los problemas asociados al rechazo.

Hasta la fecha no se ha obtenido por clonación terapéutica ninguna línea de células madre embrionarias humanas, por lo que son dos posibilidades a tener en cuenta más bien en el futuro.

Fuente: EuroStemCell FAQ, <http://www.eurostemcell.org/faq>

# Carta de información E:

## Principio de precaución

### ¿Qué es el principio de precaución?

El principio de precaución dicta que no debe utilizarse (ni tan siquiera desarrollarse) ninguna tecnología nueva hasta que se hayan obtenido pruebas suficientes de que no causa daños.

Aunque se podría aplicar a cualquier tecnología nueva, se ha utilizado especialmente en el campo de la biotecnología.

### Ventajas del principio de precaución

El principio se basa en el hecho de que proteger a las personas frente a la exposición a posibles daños es una responsabilidad social. Esta protección sólo se puede relajar si aparecen datos científicos nuevos que dan pruebas concluyentes de que no existe ningún daño.

### Críticas al principio de precaución

Quienes critican el principio dicen que no es práctico, ya que la implementación de una tecnología comporta siempre un riesgo de que tenga consecuencias negativas. Si se lleva al extremo, puede impedir el progreso. La mayor parte de tecnologías tienen esta doble vertiente, y su posible uso indebido con objetivos incorrectos o malsanos no debería impedir su desarrollo.

Los conocimientos y las tecnologías actuales se basan en los conocimientos desarrollados por científicos de generaciones precedentes. La ciencia del presente es la base de todo conocimiento futuro. Prohibir ciertos tipos de investigación puede causar demoras y efectos no deseados en generaciones futuras. El filósofo Emmanuel Kant (1784) estableció la necesidad de la mejoría científica en su artículo "Respuesta a la pregunta: ¿qué es la Ilustración?" cuando escribió "Una época no puede aliarse y conjurarse para dejar a la siguiente en un estado en que le sea imposible extender sus conocimientos (sobre todo los perentorios), depurarlos de errores y, en general, avanzar hacia la ilustración. Sería un crimen contra la naturaleza humana, cuyo destino primordial consiste, precisamente, en este progreso..."

Por ejemplo, la aplicación a seres humanos de la tecnología transgénica o la transferencia nuclear de células somáticas (la clonación con fines terapéuticos) ha evolucionado con una lentitud mucho mayor debido a esta precaución. Por tanto, está fuera de duda que, aunque no todo lo que es posible tiene por qué acabar haciéndose, invocar el principio de precaución puede impedir el desarrollo de nuevas tecnologías susceptibles de ofrecer mejores condiciones de vida a futuras generaciones de seres humanos.

Una posible alternativa para resolver este aparente conflicto consiste en buscar el equilibrio entre las ventajas y los riesgos (principio de proporcionalidad).

*Fuente: Xplore Health "Background information on biotechnology", por el Dr. Luíz Ruíz Ávila y el Dr. Josep Santaló, que se encuentra en el apartado "Recursos para formadores".*

# Carta de información F:

## Justicia distributiva

La justicia distributiva se ocupa de que los recursos sanitarios se distribuyan de forma ecuánime.

La biotecnología es una disciplina que comporta una tecnología muy avanzada, consume mucho tiempo y es cara, por lo que sólo está a disposición de países muy desarrollados o personas de alto poder adquisitivo. Ello influye en su evolución, ya que a menudo se dejan de lado estudios interesantes no porque no ayuden a más personas, sino porque son menos rentables.

Éste es un problema en los países en vías de desarrollo, en los que la necesidad de mejorar la asistencia sanitaria es máxima, pero la disponibilidad de la biotecnología es mínima.

La vacuna contra la malaria y el “arroz dorado” son ejemplos de investigación en beneficio de países en vías de desarrollo.

### Arroz dorado

El arroz dorado es una variedad de arroz (*Oryza sativa*) obtenida mediante ingeniería genética, biosintetizando los precursores de betacaroteno (pro-vitamina A) en las partes comestibles del grano de arroz. El arroz dorado se desarrolló como alimento enriquecido para las regiones en las que hay pocos alimentos con vitamina A. Los datos científicos del arroz se publicaron por primera vez en la revista *Science* en 2000. Actualmente no está disponible para consumo humano.

### Argumentos a favor del arroz dorado

La investigación que condujo al arroz dorado se realizó para ayudar a los niños con carencia de vitamina A. A principios del siglo XXI se estimó que la sufrían 124 millones de personas de 118 países de África y el Sudeste Asiático. Por otra parte, es responsable de 1-2 millones de muertes.

Quienes están a favor de los OGM (organismos genéticamente modificados) afirman que no existen pruebas directas de que sean perjudiciales para el medio ambiente.

### Argumentos contra el arroz dorado

Aunque se desarrolló con fines humanitarios, los activistas medioambientales y antiglobalización se opusieron con contundencia a su uso. Algunos se oponían a la liberación de organismos genéticamente modificados en el medio ambiente, y a algunos les preocupaba que pudiera convertirse en un caballo de Troya que abriera la puerta a un uso más generalizado de los OGM. No hay datos que demuestren de que los OGM son inocuos para el medio ambiente.

*Fuente: Xplore Health "Background information on biotechnology", por el Dr. Luíz Ruíz Ávila y el Dr. Josep Santaló, que se encuentra en el apartado "Recursos para formadores".*

*Página de Wikipedia sobre el arroz dorado: [http://es.wikipedia.org/wiki/Arroz\\_dorado](http://es.wikipedia.org/wiki/Arroz_dorado)*

# Carta de información G:

## Biología sintética

La biología sintética es una de las especializaciones más avanzadas de la investigación biotecnológica. En términos generales, es la disciplina (y la industria detrás de ésta) que tiene por objeto desarrollar metodologías para el diseño y la creación de nuevos componentes, funciones y sistemas biológicos no existentes en la naturaleza.

Los biólogos sintéticos diseñan nuevos microorganismos con funciones que no se encuentran en la naturaleza, centradas principalmente en la producción de energía, la biorremediación y la asistencia sanitaria. Para crear un microorganismo totalmente nuevo (una bacteria) se tiene que diseñar todo su código genético. A estos procesos se les suele denominar actualmente “transgénicos globales”, ya que son el resultado de la combinación de varios genes procedentes de distintos microorganismos.

Uno de los ejemplos más conocidos de la biología sintética es el micoplasma desarrollado por el conocido biólogo Craig Venter, una bacteria totalmente sintética y funcional cuyo ADN se creó íntegramente en una máquina.

### ¿Cuáles son las posibles aplicaciones de la investigación en biología sintética?

Principalmente, obtener avances en campos de investigación como la bioingeniería, química y biología. En última instancia, el objetivo del diseño y la creación de sistemas biológicos de ingeniería es la posibilidad de procesar información, manipular productos químicos y fabricar materiales y estructuras que nos ayuden a mantener y fomentar la salud humana y nuestro medio ambiente, producir energía mediante la creación de nuevos productos bioquímicos útiles, descubrir nuevas formas de producción de alimentos y estudiar el origen de la vida.

Los biólogos también utilizan la biología sintética para comprobar si sus conocimientos de los sistemas vivos naturales son correctos. Para ello crean una instancia (o versión) del sistema conforme a lo que saben de él. Los tratamientos sanitarios y la protección del medio ambiente son los campos en los que la biología sintética genera la mayoría de expectativas. Cabe citar, por ejemplo, la posibilidad de sintetizar bacterias que fabriquen hidrógeno y biocombustibles, o que absorban dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero.

### ¿Cuáles son los problemas éticos que plantea?

Los argumentos contra la biología sintética se basan en que se ve como algo que va en contra del orden natural de las cosas. La mayor parte de los argumentos se basan en el principio de precaución (véase la Tarjeta Informativa E) y en el hecho de que el desarrollo de estas tecnologías puede tener efectos imprevistos e incontrolables.

*Fuente: Xplore Health "Background information on biotechnology", por el Dr. Luíz Ruíz Ávila y el Dr. Josep Santaló, que se encuentra en el apartado "Recursos para formadores".*

*Página de Wikipedia sobre la biología sintética: [http://es.wikipedia.org/wiki/Biología\\_sintética](http://es.wikipedia.org/wiki/Biología_sintética)*