Tema 15

Ingeniería genética

01 de abril de 2025
Fecha de modificación

ÍNDICE de CONTENIDOS

1. Ingeniería genética
2. Herramientas moleculares
3. Técnicas de manipulación del ADN
4. Técnicas de Clonación molecular
5. Aplicaciones de la tecnología del ADN recombinante
6. Proyecto genoma humano
7. Implicaciones éticas de la ingenería genética

CRITERIOS de EVALUACIÓN

B.3.8. Desarrollar los avances más recientes en el ámbito de la ingeniería genética, así como sus aplicaciones.

B.3.9. Analizar los progresos en el conocimiento del genoma humano y su influencia en los nuevos tratamientos.

Ciencia

"Conjunto de conocimientos; es decir, todo lo que sabemos"

Ciencia

del griego, saber

del griego, cualidad

del griego, el que hace la acción

La ciencia del latín scientia [scire = saber, ent = el que hace la acción y -ia = cualidad] es la cualidad del que sabe

Tecnología

"Conjunto de conocimientos aplicados"

Tecnología

del griego, arte u oficio

del griego, estudio

El tecnología del griego [catabole = destruir/demoler e ismo = cualidad] es el arte/forma de hacer las cosas aplicando conocimientos de manera ordenada

Técnica

" Conjunto de pasos para conseguir algo"

Técnica

del griego, arte

del griego, cualidad

La técnica [tecn = arte , bole= arrojar e ica= cualidad] es la destreza y habilidad para hacer un oficio

Ingeniería genética

" Conjunto de técnicas que se utilizan para manipular genéticamente a los organismos vivos"

0.Introducción

En este tema, primero analizaremos la definición de biotecnología e ingeniería genética. Luego, revisaremos con más detalle las tecnologías del ADN, técnicas para manipular y secuenciar ADN. Y, por último, explicaremos la implicaciones éticas de la biotecnología.

No puedo enseñar nada a nadie. Solo puedo hacerles pensar. Sócrates.

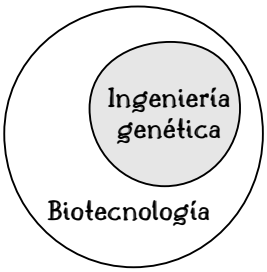
email: maestrodenaturales@gmail
Jose Manuel Huertas Suárez
web: maestrodenaturales.webador.es

1. Biotecnología vs. Ingeniería genética

La **biotecnología** es un área que utiliza diversas técnicas y procesos biológicos para desarrollar productos y servicios útiles en diversos campos, como la agricultura, la ganadería, la medicina y la industria alimentaria.

La **ingeniería genética** es el conjunto de tecnologías y técnicas que permiten el acceso y manipulación material genético de los organismos. Los genes pueden ser modificados, eliminados o insertados en el ADN de un organismo con el fin de cambiar la información que contiene. Se enfoca en la manipulación directa del material genético, como el ADN, para producir organismos con características específicas o para modificar características existentes en organismos vivos.

En resumen, la ingeniería genética es una parte de la biotecnología que se enfoca específicamente en la manipulación del material genético, mientras que la biotecnología es un campo más amplio que incluye diversas técnicas y procesos biológicos para producir productos útiles en varios campos.



1.1 Tecnología y técnica en la ingeniería genética

La **tecnología** es el conjunto de métodos o herramientas utilizados en la ingeniería genética de manera general; mientras que, la **técnica** se refiere a la aplicación específica de estas herramientas para lograr ciertos objetivos.

TECNOLOGÍA

"Conocimiento PRÁCTICO"

"Conocimiento científico y técnico necesario para desarrollar habilidades y herramientas para alcanzar un fin específico"

vs.

TÉCNICA

"RECETA concreta del conocimiento PRÁCTICO"

"Procedimiento o un conjunto de pasos lógicos que se deben seguir para lograr un resultado determinado"

"Por ejemplo: la agricultura es una tecnología, en tanto que sembrar maíz o barbechar son técnica propias de la agricultura"

1.2 Aplicaciones de la ingeniería genética

La ingeniería genética se utiliza en una amplia gama de campos, desde la medicina hasta la agricultura, para crear organismos con características específicas que pueden ser beneficiosas en determinadas situaciones. Por ejemplo, en:

- **Medicina.** Se emplea para el diagnóstico de enefermedades, producción de medicamentos, clonación terapeútica, estudios forenses y en terápia génica.
- **Agricultura.** Se obtienen plantas resistentes a determinados herbicidas, mejorar el contenido nutritivo de los frutos y verduras, o bien fabricar fármacos.
- **Ganadería.** Se obtienen animales resistentes a determinados enfermedades, mejorar el contenido nutritivo de la carne, o bien fabricar fármacos
- **Medioambiente.** Se obtinenseres vivos que mejoran el ecosistema

1.3 CLASIFICACIONES DE LA BIOTECNOLOGÍAs

La biotecnología se clasifica, según siete colores pues ayuda a identificar sus aplicaciones en diferentes áreas, en:

- **Biotecnología amarilla.** Se enfoca en la producción de alimentos e ingredientes alimentarios y busca mejorar la producción alimentaria, reducir los niveles de grasas saturadas en los alimentos y eliminar alérgenos. Clave para recordadr el color Amarillo → Alimentos (como el sol que madura cultivos)
- **Biotecnología verde.** Se enfocada en la agricultura y la producción de alimentos, así como en la mejora genética de los cultivos. Verde → Plantas.
- **Biotecnología violeta.** Se centra en los aspectos legales que rodean a la ciencia de la biotecnología, incluyendo las medidas de seguridad y la bioseguridad. Violeta → Leyes (tono "serio").
- **Biotecnología roja** Se refiere a la aplicación de la biotecnología en la industria médica y farmacéutica para desarrollar nuevos medicamentos y tratamientos. Rojo → Sangre/salud.
- **Biotecnología blanca.** Se desarrolla procesos y productos en la industria química y la producción de biocombustibles. Blanco → Industria (fábricas limpias).
- **Biotecnología azul** Se centra en el desarrollo de productos y procesos relacionados con la biología marina y la acuicultura. Azul → Mar.
- **Biotecnología café** Se busca el desarrollo de soluciones sostenibles para el desarrollo económico. Café/Gris → Tierra/ contaminación.

2. Herramientas moleculares

Las **herramientas moleculares** son un instrumentos moleculares que sirve para manipular el material genético de los organismos.

La ingeniería genética utiliza una variedad de herramientas moleculares para manipular directamente el material genético de los organismos. Algunas de estas herramientas incluyen:

- **Enzimas de restricción:** estas enzimas cortan el ADN en lugares específicos, lo que permite a los científicos seleccionar los segmentos de ADN que se desean manipular.
- **Ligasas:** estas enzimas unen fragmentos de ADN para formar una molécula de ADN recombinante.
- **ADN polimerasa:** es una enzima que permite formar una secuencia lineal de nucleótidos
- **Vectores de clonación:** estas son moléculas de ADN que se utilizan para transportar fragmentos de ADN a una célula anfitriona donde pueden replicarse y expresarse. Los plásmidos son un tipo común de vector de clonación.
- **Secuenciadores de ADN:** son instrumentos se utilizan para determinar la secuencia de nucleótidos en una molécula de ADN.
- **Marcadores moleculares:** son secuencias de ADN utilizadas para identificar un gen o un locus particular en una molécula de ADN.

3. Técnicas de manipulación del ADN

Las **técnicas de manipulación del ADN** lleva aparejado un conjunto de procesos que pueden modificar o no la secuencia de ADN. Los procesos son:

- **Ampliación del ADN**, permiten **generar múltiples copias** de una secuencia de ADN específica,
- **Secuenciación del ADN**, determina el **orden exacto de los nucleótidos** en un fragmento de ADN y
- **Edición genética**, modifican (cambiar, quitar y/o agregar) **la secuencias de nucleótidos** o genes de cualquier célula, incluyendo células humanas.

Así pues, la amplición y secuenciación no modifican la secuencia de ADN; en cambio, la edición genética sí modifica la secuencia de ADN.

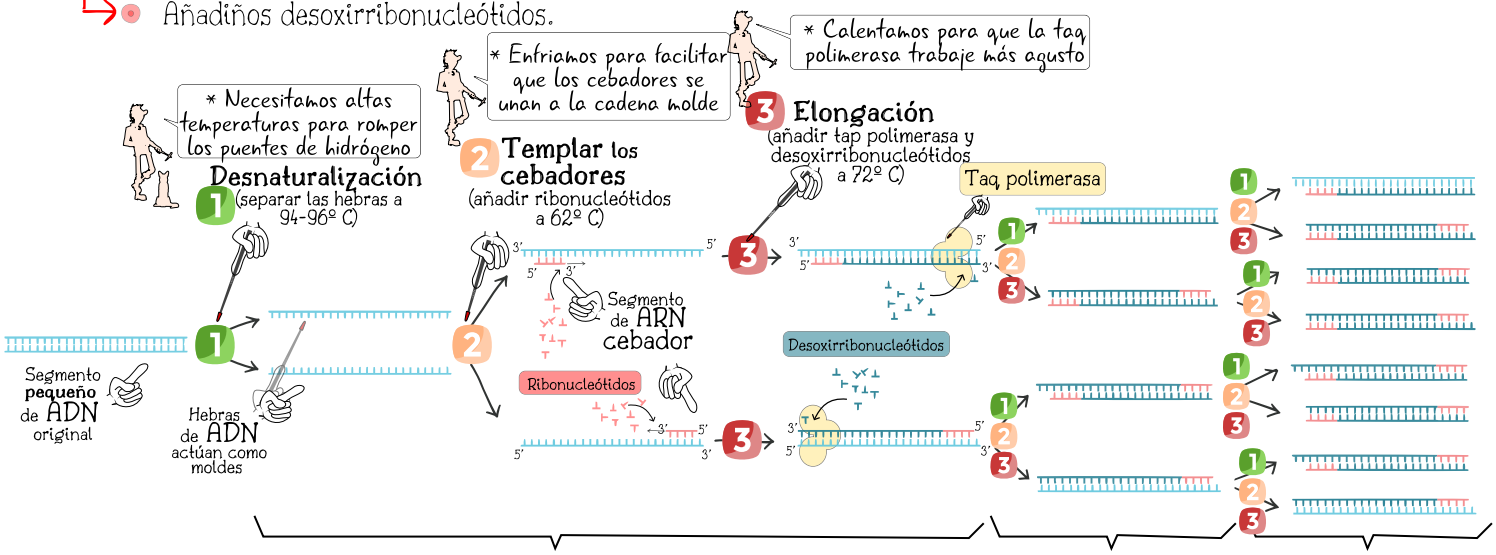
3.1 Amplificación del ADN mediante la técnica de cadena de la polimerasa (PCR)

La **cadena de la polimerasa** (PCR, del inglés Polymerase Chain Reaction) es una técnica de amplición del ADN que imita la replicación del ADN de manera controlada en un tubo de ensayo. La PCR consta de tres pasos principales que se repiten en ciclos (generalmente 20-40):

- **Desnaturalización**. Calentamos y separamos las hebras:
  - Se calienta la mezcla a 94-98°C durante unos segundos.
  - El calor separa las dos hebras del ADN molde, rompiendo los enlaces de hidrógeno entre las bases.
- **Hibridación de los cebadores (annealing)**. Enfriamos y unimos los cebadores:
  - Se baja la temperatura a 50-65°C (dependiendo de los cebadores).
  - Los cebadores se unen (hibridan) a las secuencias complementarias en los extremos de la región de ADN que se quiere amplificar.
- **Elongación**. Calentamos a 72 °C y añadimos tap polimerasa y nucleótidos:
  - ~~Añadimos~~ tap polimerasa
  - Añadiños desoxirribonucleótidos.

Vídeo

· QUÉ ES ADN (DE 0 A 1:37)
· QUÉ ES PCR (DE 1:38 A 5:43)
· DIAGNÓSTICO COVID (DE 5:44 A 9:0



3.2 Secuenciación del ADN mediante diversas técnicas

La **secueciación del ADN** determina el orden preciso de las bases nucleotídicas (adenina, timina, citosina y guanina) que conforman una muestra de ADN. Existen diferentes técnicas para llevar a cabo esta tarea, como la técnica de secuenciación de Sanger, la secuenciación masiva de siguiente generación (NGS) y la secuenciación de nanoporos.

- **Técnica de secuenciación de Sanger** determina el orden de las bases de una hebra de ADN mediante su replicación. Se añade una ADN polimerasa, un cebador (primer) que se une al ADN molde, los nucleótidos normales (dATP, dTTP, dCTP, dGTP) y nucleótidos modificados (a los que se les quita el -OH del carbono 3' y se les añade un marcador fluorescente). Cuando la ADN polimerasa incorpora un nucleótido modificado, la replicación se detiene, ya que al carecer del -OH en el carbono 3', no se puede unir otro nucleótido. Esto genera fragmentos de ADN de diferentes longitudes, cada uno terminado en un nucleótido modificado. Finalmente, un láser detecta la fluorescencia de cada fragmento para determinar la secuencia.
- **Técnica masiva de siguiente generación (NGS)** fragmenta el ADN en pequeños trozos y luego contabiliza sus nucleótidos utilizan técnicas más avanzadas.
- **Técnica de secuenciación de nanoporos** implica hacer pasar una hebra de ADN a través de un pequeño orificio, o nanoporo. A medida que cada base nucleotídica (A, T, C, o G) de la hebra de ADN pasa a través del nanoporo, causa una interrupción característica en la corriente eléctrica que fluye a través del poro. Estas interrupciones se miden y analizan para determinar la secuencia de la hebra de ADN. En esencia, la secuencia de cambios en la corriente eléctrica revela el orden de las bases en el ADN.

* El virus inyecta su ADN (o ARN, dependiendo del tipo de virus) en la bacteria para replicarse. Si la bacteria sobrevive, puede integrar fragmentos del ADN viral en su propio genoma, específicamente en una región llamada CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats, que en español equivale a "Repeticiones Palindrómicas Cortas Agrupadas y Regularmente Espaciadas". Cuando el mismo virus vuelve a infectar, la bacteria saca el ADN viral almacenado y lo utiliza para neutralizar al ADN vírico nuevo.

* Lo de Cas9 se refiere a una enzima endonucleasa que corta el ADN

3.3 Edición del ADN mediante la técnica Crispr-Cas9

La **CRISPR-Cas9** es una técnica revolucionaria que permite editar genes con precisión, **cortando y modificando secuencias específicas de ADN**. Esta técnica ha sido copiada del sistema inmunológico bacteriano*, el cual puede cortar y editar fragmentos de ADN de virus que se encuentran insertados en el ADN bacteriano cuando los virus los atacan. Tras ese corte podemos modificarlo: eliminar (lo cortado), insertar (agregar trozos de ADN) o reemplazar (lo cortado). Esta técnica permite corregir el ADN dañado; o bien, introducir nuevos genes. La técnica CRISPR-Cas9 consta de cuatro pasos principales:

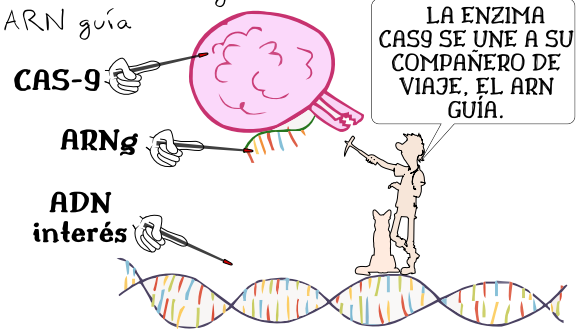
CRISPR-Cas9 Vídeo #1

CRISPR-Cas9 Vídeo # 2

- **Diseño del ARN guía** (ARNg), que coincide con la secuencia de ADN que se quiere modificar.
  - El ARNg se une a una proteína (una tijera molecular) llamada Cas9
  - Este ARNg actúa como un "GPS" para llevar la proteína Cas9 al lugar exacto del genoma.
- **Unión al ADN**: El ARN guía lleva la proteína Cas9 al sitio exacto del ADN.
  - El complejo ARNg-Cas9 encuentra la secuencia de ADN que coincide con el ARNg.
- **Corte del ADN**: Cas9 corta las dos hebras del ADN en el sitio específico
  - La Cas9 corta las dos hebras del ADN en el sitio exacto señalado por el ARNg. Este corte activa los mecanismos de reparación celular.
- **Reparación del ADN**: La célula intenta reparar el ADN dañado. Aquí hay dos posibles resultados:
  - **Reparación natural:** La célula repara el corte, pero puede introducir errores (mutaciones) que inactivan el gen. Esto es útil para "silenciar" genes.
  - **Reparación dirigida por homología.** Si se proporciona una plantilla de ADN, la célula puede insertar secuencias nuevas (para añadir o corregir genes)Inserción de nuevo ADN: Si se proporciona una secuencia de ADN reparadora, la célula la puede usar para introducir cambios específicos.

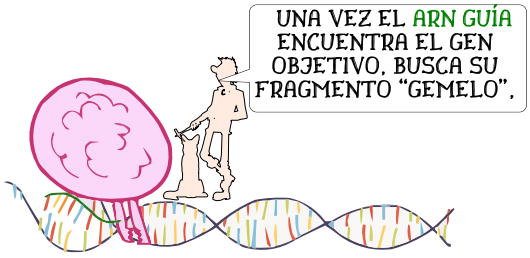
Episodio 1 Diseño del ARN guía

El ARNg lleva una secuencia de unos 20 nucleótidos. Luego la Cas 9 se une a su ARN guía



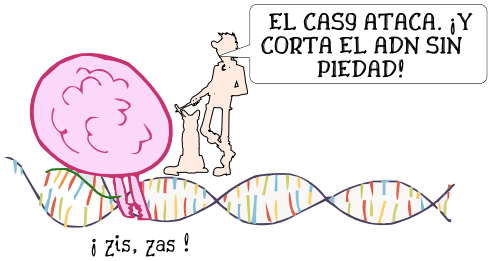
Episodio 2 Unión al ADN

El complejo ARN guía-Cas9 recorre la molécula de ADN hasta que reconoce a su ADN homólogo [...]. Al reconocerlo, la doble hélice de ADN se abre temporalmente.



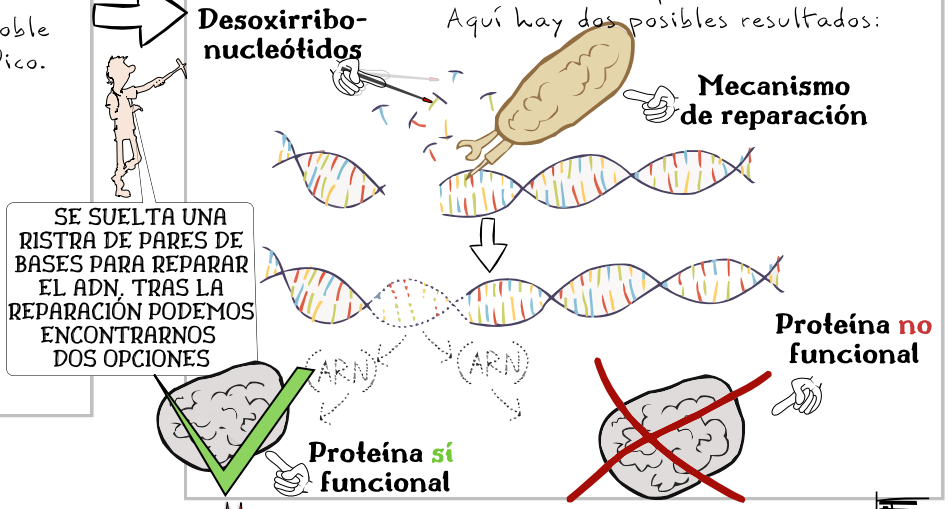
Episodio 3 Corte del ADN

El Cas9 corta ambas hebras de la doble hélice del ADN en ese punto específico.



Episodio 4 Reparación del ADN

La célula intenta reparar el ADN dañado. Aquí hay dos posibles resultados:



email: maestrodenaturales@gmail
José Manuel Huertas Suárez
web: maestrodenaturales.webador.es

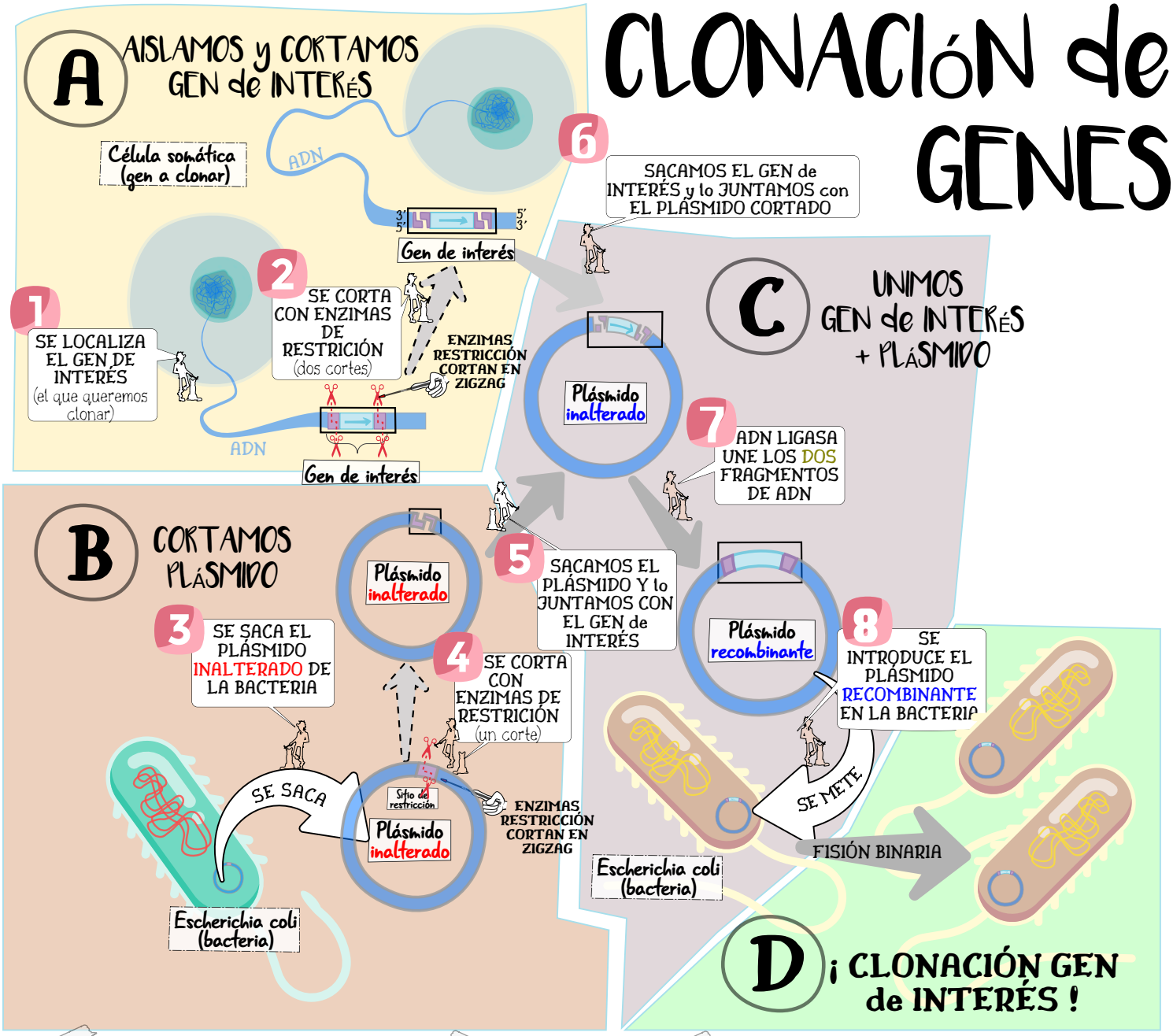
4. Técnicas de clonación

La **técnica de clonación** consiste en hacer copias idénticas de genes, tejidos u organismos completos. Los principales tipos de clonación que mencionas son: la clonación de ADN, la clonación terapéutica y la clonación reproductiva o transferencia nuclear.

Maestroo, ¿nos puedes dar una definición en "plan culto"?

La palabra **clonación** procede del griego, su significado etimológico es "retoño" o "rama" y hace referencia a todos aquellos procesos cuyo fin último es la obtención, de manera asexual (es decir, sin intervención de sexo), de copias genéticamente idénticas de una entidad biológica, que puede ser, desde un gen, hasta un organismo completo.

Clonación de genes o **secuencias de ADN** es un proceso en el que un fragmento de ADN (como un gen) se inserta en una molécula de ADN circular llamada plásmido. El plásmido se introduce en bacterias, donde se replica para producir múltiples copias del gen de interés. Si el plásmido contiene las secuencias regulatorias adecuadas, el gen puede expresarse y producir una proteína (como la insulina usada por diabéticos). Para unir fragmentos de ADN de distintas fuentes (ej. un gen humano y un plásmido bacteriano), se emplean enzimas de restricción (que cortan el ADN en sitios específicos) y ADN ligasa (que une los fragmentos).



Vectores alternativos: Además de plásmidos, se pueden usar fagos (virus bacterianos), cosmidos o cromosomas artificiales (BAC/YAC) para fragmentos más grandes.

En el Anexo 1 y en el Anexo 2 encontrarás una versión más completa y más cercana a la realidad

Clonación terapeútica o **clonación de células madre** es una técnica que crea embriones genéticamente idénticos a un donante, mediante transferencia nuclear, para obtener células madre embrionarias. Estas células pueden transformarse en tejidos u órganos compatibles, útiles en medicina regenerativa. A diferencia de otras fuentes de células madre (como las de cordón umbilical), este método requiere la formación de un embrión clonado. ¿Cómo ocurre?

- Se transfiere el núcleo de una célula somática (ej. de piel) a un óvulo enucleado (sin núcleo)
- El óvulo se activa para formar un blastocisto, del cual se extraen células madre embrionarias. Estas células pueden diferenciarse en tejidos u órganos compatibles, lo que las hace valiosas para medicina regenerativa.

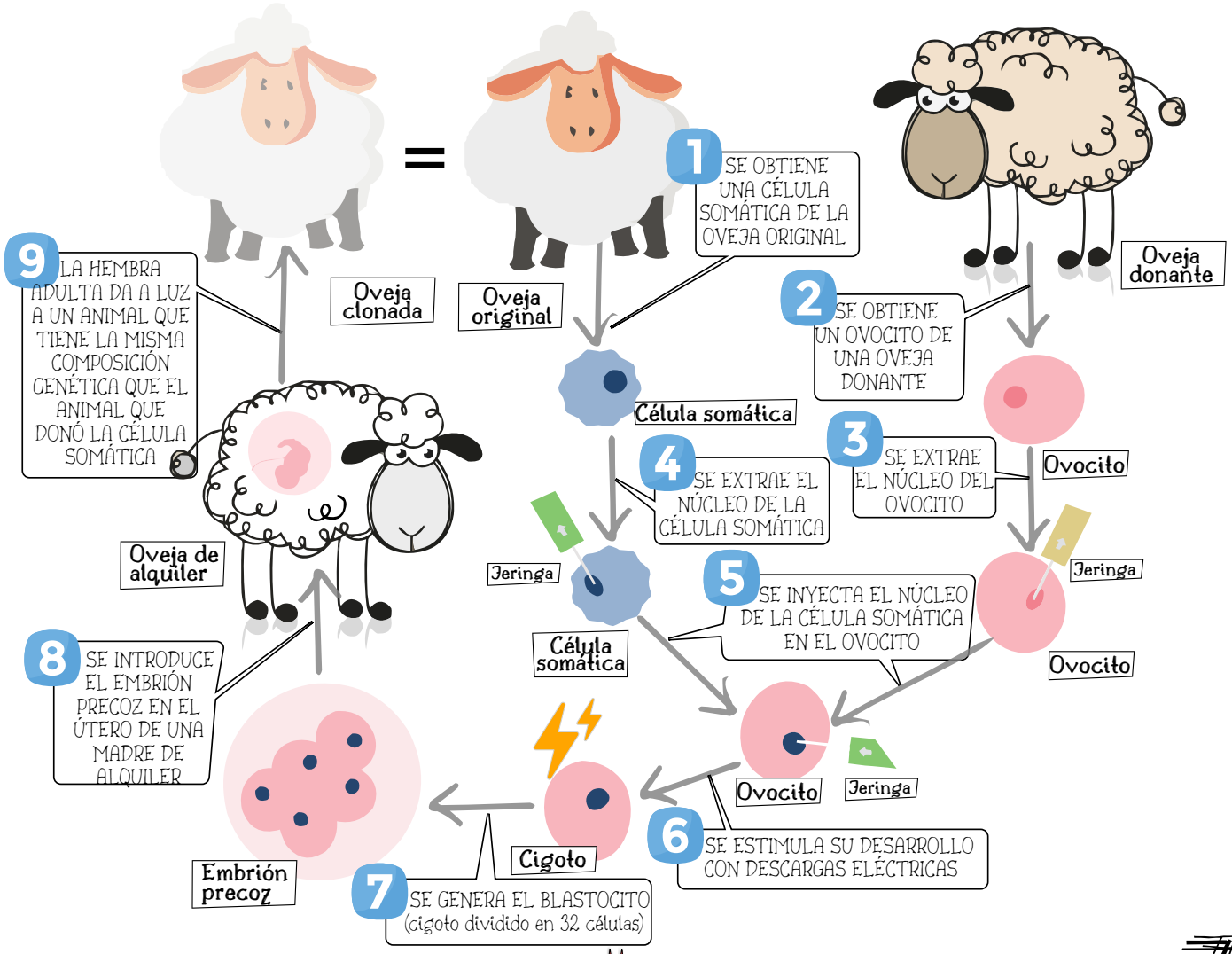
Clonación de organismos completos, también llamada clonación reproductiva o clonación por transferencia nuclear de células somáticas (SCNT), es el proceso mediante el cual se obtienen uno o varios individuos genéticamente idénticos (denominados clones) a partir de una célula somática de un organismo original. Los clones comparten la misma información genética nuclear que la célula donante, por lo que son idénticos al individuo original en términos de ADN nuclear (aunque pueden diferir en el ADN mitocondrial).

¿Cómo se clona un ser vivo? Se toma un óvulo de un individuo y extrae su núcleo. A continuación, se introduce el núcleo de otra célula somática **(cualquier célula del cuerpo, que no sea un óvulo ni espermatozoide, con su juego completo de cromosomas)**. Se obtiene así un óvulo "confundido", pues en realidad nunca fue fecundado por un espermatozoide. Luego, se estimula para que comience el proceso de división celular como si fuese un cigoto real. Por último, el cigoto se implanta en el útero de un tercer organismo huésped y allí se desarrolla hasta su nacimiento.

La **oveja Dolly** se obtuvo de esta manera, pero fue un acierto de 277 intentos fallidos. Hay que recordar que estos individuos (los clones) tienen muchos problemas de desarrollo, como tumores, artritis, órganos desporporcionados, y generalmente mueren antes de llegar a la edad adulta.

Los restos disecados de la oveja Dolly, el primer mamífero clonado. Es decir, era una "copia" genéticamente idéntica de otra oveja.

CLONACIÓN de ORGANISMOS



5. Aplicaciones de la tecnología del ADN recombinante

La tecnología del ADN recombinante permite diseñar organismos con genes modificados para aplicaciones clave:

1. **Medicina:** Microorganismos genéticamente modificados (bacterias, levaduras) para producir proteínas terapéuticas (insulina humana para tratar la dibetes, hormona de crecimiento para combatir trastornos del crecimiento, interferones utilizados como antivirales y el cáncer) de forma segura y escalable.

2. **Agricultura:** Plantas transgénicas con resistencia a plagas (maíz Bt, produce una proteína insecticida), tolerancia a herbicidas (soja Roundup Ready, resite al herbicida Roundup) o enriquecimiento nutricional (arroz dorado con vitamina A).

3. **Ganadería:** Animales genéticamente mejorados para resistencia a enfermedades (cerdos resistentes al virus PRRS) o producción eficiente (salmón AquAdvantage de crecimiento rápido)

4. **Biotecnología industrial:** Microorganismos modificados para producir (1) enzimas (como las lipasas y proteasas que son usadas en detergentes para mejorar su efectividad contra las manchas) y (2) sustancias químicas biodegradables (como la fabricación de bioplásticos por bacterias, reduce el impacto ambiental).

5. **Investigación científica:** Animales, plantas o microorganismos modificados genéticamente (CRISPR-Cas9) para (1) comprender y estudiar enfermedades como el Alzheimer o cáncer y (2) probar terapias experimentales.

6. **Medio ambiente:** Microorganismos modificados para degradar contaminantes (biorremediación de bacterias para degradar el petróleo (Pseudomonas) u hongos que descomponen plásticos (ej. Aspergillus tubingensis).

6. Genoma humano

* codificar significa transformar un mensaje o información de una forma a otra, usando una regla o código fijado previamente.

El **genoma humano** el conjunto completo de información genética (ADN) contenido en los 23 pares de cromosomas presentes en el núcleo de cada célula humana diploide. Está compuesto por aproximadamente 3.200 millones de pares de bases de nucleótidos, que codifican entre 20.000 y 25.000 genes funcionales. Sin embargo, solo alrededor del 1,5% del genoma corresponde a secuencias codificantes* de proteínas; el resto incluye regiones reguladoras, elementos no codificantes y secuencias repetitivas.

6.1 Proyecto genoma humano (PGH)

El **Proyecto Genoma Humano** (PGH) fue una iniciativa científica internacional cuyo objetivo principal era secuenciar y mapear por completo el genoma humano. Lanzado en 1990 y concluido en 2003, fue una colaboración entre gobiernos, universidades y centros de investigación de múltiples países. Sus tres metas fundamentales eran:

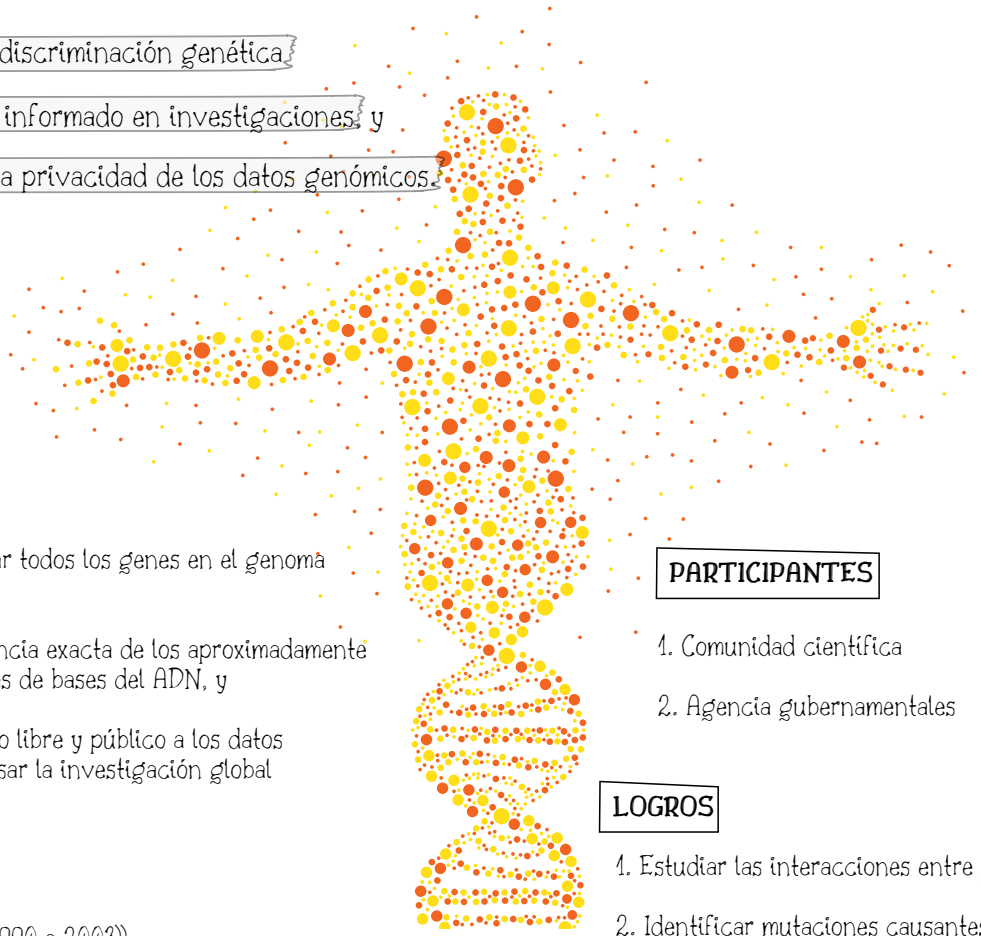
1. Identificar y localizar todos los genes en el genoma humano,
2. Determinar a secuencia exacta de los aproximadamente 3.200 millones de pares de bases del ADN y
3. Garantizar el acceso libre y público a los datos generados, para impulsar la investigación global..

El impacto del PGH trascendió lo científico, transformando disciplinas como la medicina genómica y la biotecnología. Sus resultados permitieron:

- Descifrar las bases moleculares de miles de enfermedades hereditarias,
- Detectar mutaciones asociadas a cáncer y trastornos genéticos con precisión sin precedentes, y
- Sentar las bases para terapias personalizadas, como fármacos dirigidos a mutaciones específicas.

Paralelamente, el proyecto impulsó reflexiones éticas globales sobre el uso de datos genéticos y marcos legales. Un hito fue la adopción en 1997 de la Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos por la UNESCO, que consagra principios como:

- La prohibición de discriminación genética
- El consentimiento informado en investigaciones, y
- La protección de la privacidad de los datos genómicos.



OBJETIVOS

1. Identificar y localizar todos los genes en el genoma humano,

2. Determinar a secuencia exacta de los aproximadamente 3.200 millones de pares de bases del ADN, y

3. Garantizar el acceso libre y público a los datos generados, para impulsar la investigación global

DURACIÓN

1. 13 años (desde 1990 a 2003))

.

PARTICIPANTES

1. Comunidad científica

2. Agencia gubernamentales

LOGROS

1. Estudiar las interacciones entre genes,

2. Identificar mutaciones causantes de enfermedades y

3. Desarrollar nuevas terapias y tratamientos.

7. Implicaciones éticas de la ingeniería genética

La **ingeniería genética** otorga a los científicos la capacidad de manipular el código genético de los seres vivos, proporcionando un poder sin precedentes sobre la vida misma. Como herramienta poderosa, permite modificar organismos a nivel genético, con potencial para generar avances significativos. Sin embargo, esta capacidad conlleva una enorme responsabilidad, ya que alterar el ADN puede tener consecuencias tanto positivas como negativas.

"La ingeniería genética es el mito de Prometeo en versión molecular: robar el fuego de la vida conlleva tanto poder como responsabilidad".

1. Referencia al mito de Prometeo
- En la mitología griega, Prometeo robó el fuego de los dioses para dárselo a los humanos.
- El fuego simboliza:
  -Conocimiento (capacidad de crear, dominar la naturaleza).
  -Progreso, pero también hibris (arrogancia ante lo divino).
- Castigo: Prometeo fue condenado a sufrimiento eterno (un águila le devoraba el hígado cada día).

2. Paralelismo con la ingeniería genética
- "Fuego de la vida" = Manipulación del ADN (jugamos a "dioses" con el código de la vida).
- "Robo" = La audacia científica de alterar lo que antes era inmodificable.
- Poder vs. Responsabilidad:
  - Poder: Curar enfermedades, diseñar organismos, reescribir la evolución.
  - Responsabilidad: ¿Debemos hacerlo? Riesgos de efectos imprevistos (como el castigo de Prometeo).

3. Mensaje implícito
La metáfora advierte: **Todo avance científico trascendental** lleva consigo
- Una oportunidad (el fuego cocina alimentos, da calor).
- Un peligro (el fuego quema si no se controla).

7.1 Implicaciones éticas positivas

Las **implicaciones positivas** incluyen la mejora en la calidad y la cantidad de alimentos que se producen, reducen costos en sistemas sanitarios y aumentan la productividad agrícola, diseñar plantas y animales más resistentes a enfermedades y condiciones climáticas adversas y la capacidad de producir medicamentos y terapias más efectivas. Ôdemos citar las siguientes:

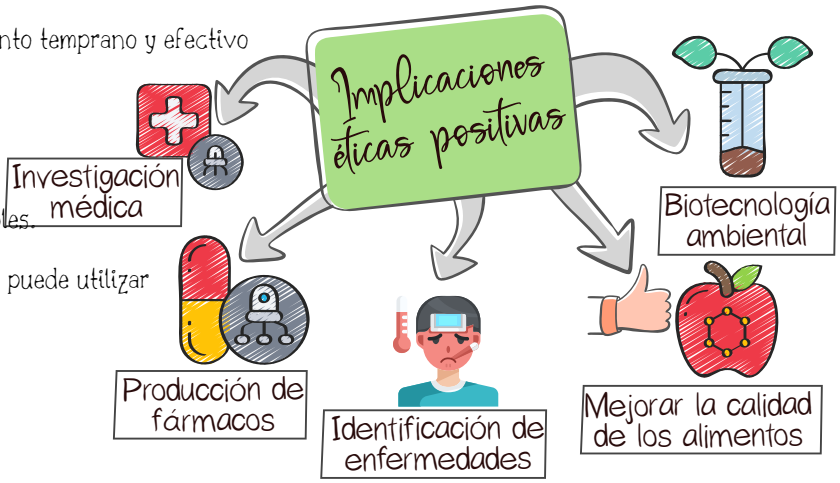
1. **Investigación médica**: La ingeniería genética permite comprobar la eficacia de los fármacos, estudiar enfermedades (ratones con Alzheimer inducido).

2. **Producción de nuevos fármacos**: La ingeniería genética ha permitido la producción de nuevos fármacos más eficaces y específicos para el tratamiento de enfermedades como la insulina humana, hormonas de crecimiento mediante bacterias modificadas.

3. **Identificación temprana de enfermedades**: La ingeniería genética se puede utilizar para identificar
   - Enfermedades hereditarias, lo que permite un tratamiento temprano y efectivo
   - Predisposición al cáncer

4. **Mejora de la calidad y cantidad de alimentos**: La ingeniería genética permite la producción de plantas y animales más resistentes a plagas y enfermedades, lo que mejora la calidad y la cantidad de alimentos disponibles.

5. **Biotecnología ambiental**: La ingeniería genética se puede utilizar para producir:
   - Bacterias modificadas que degradan hidrocarburos o absorben metales pesados de suelos contaminados
   - Hongos modificados que descomponen plásticos .



7.2 Implicaciones éticas negativas

Las **implicaciones negativas** incluyen la posibilidad de crear organismos dañinos o no deseados, la posibilidad de que los avances en la ingeniería genética puedan ser utilizados con fines malintencionados, como la creación de armas biológicas.

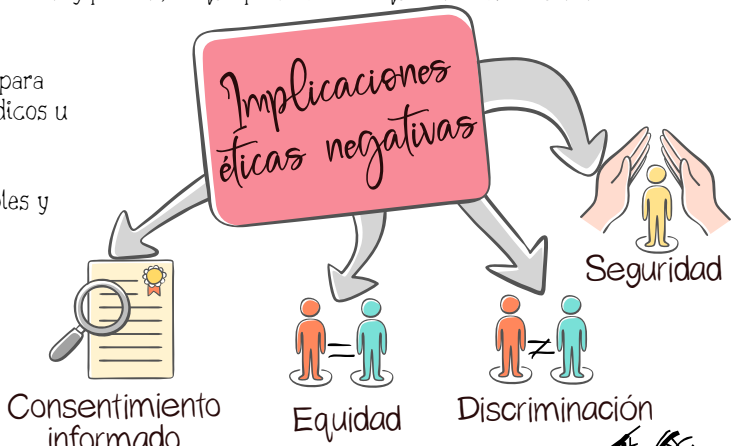
Esto genera las siguientes preocupaciones incluyen:

1. **Consentimiento informado insuficiente**: Existe el riesgo de que las personas no comprendan completamente las implicaciones de someterse a cambios permanentes en su ADN, que afectan a generaciones futuras sin su consentimiento.

2. **Equidad**: La tecnología podría llevar a una mayor brecha entre ricos y pobres, lo que permitiría a aquellos con recursos financieros obtener ventajas biológicas sobre otros.

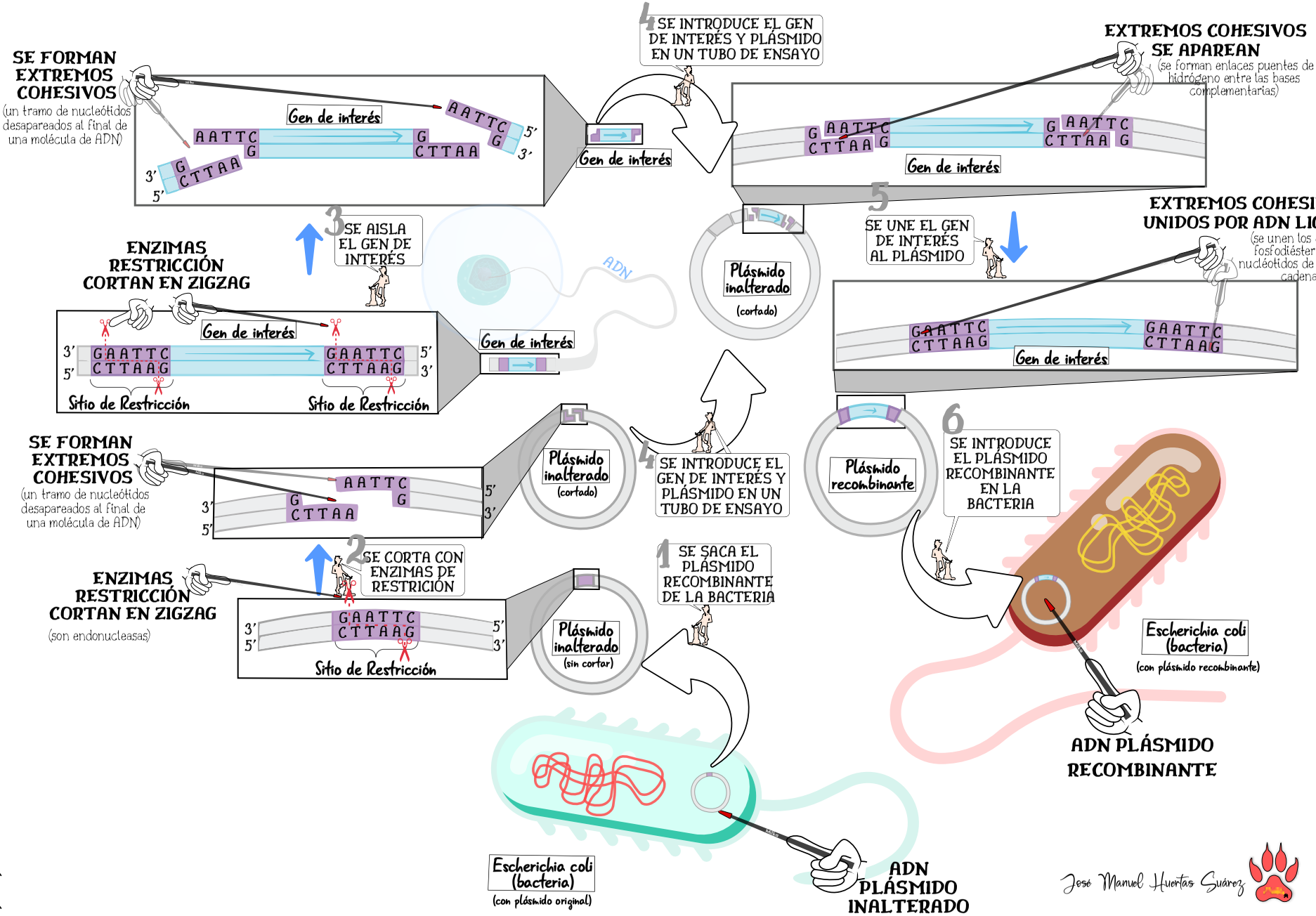
3. **Discriminación**: La información genética puede ser utilizada para discriminar contra individuos por motivos de empleo, seguros médicos u otras áreas importantes de la vida.

4. **Seguridad**: Existe el riesgo de efectos secundarios impredecibles y no deseados en los pacientes que reciben terapia génica.



Clonación de genes

Anexo I



José Manuel Huertas Suárez

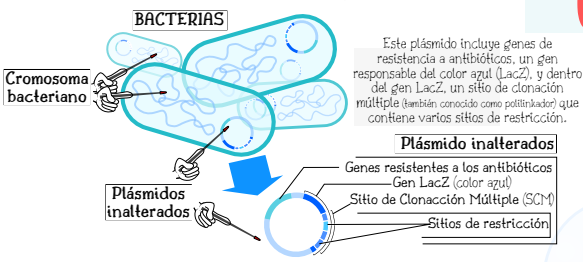
mail: naestrodenaturales@gmail
José Manuel Huertas Suárez
web: naestrodenaturales.webador.es

Anexo 2

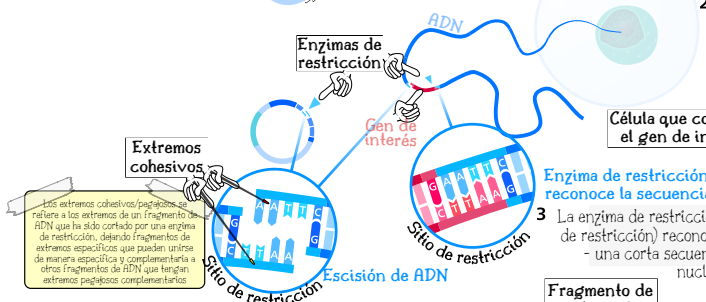
Clonación génica

José Manuel Huertas Suárez

1 Pequeñas moléculas de ADN circulares llamadas **plásmidos** se extraen de las células bacterianas. Estos plásmidos actúan como vectores (moléculas que llevarán genes de interés).

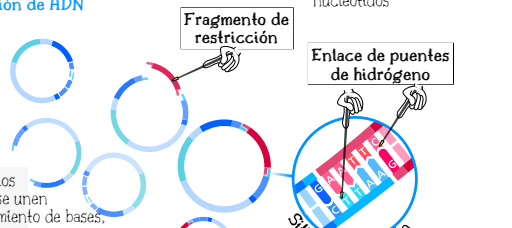


2 Se toma de la célula el gen de interés

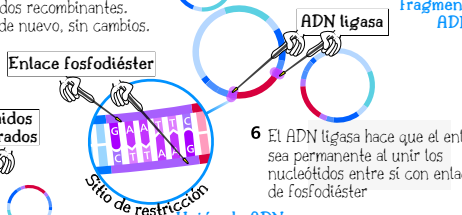


3 La enzima de restricción (llamada endonucleasa de restricción) reconoce el sitio de restricción - una corta secuencia de 4 a 8 pares de nucleótidos

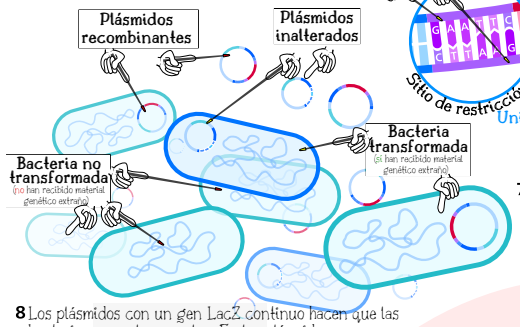
4 La enzima de restricción rompe el ADN, dejando colas simples en los extremos llamados **extremos cohesivos**. La enzima de restricción corta los plásmidos circulares abiertos. La misma enzima corta el gen de interés de su molécula de ADN



5 Los extremos cohesivos de los fragmentos de restricción se unen entre sí mediante el apareamiento de bases, formando enlaces de hidrógeno débiles. Los genes de interés se incluyen en algunos de los plásmidos, formando plásmidos recombinantes. Otros plásmidos se cierran de nuevo, sin cambios.

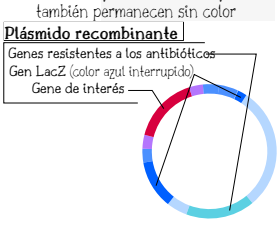


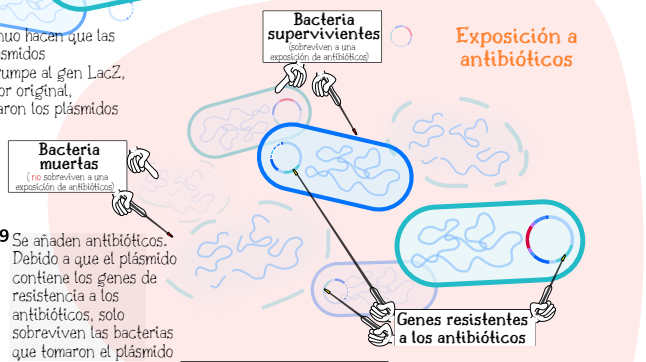
6 El ADN ligasa hace que el enlace sea permanente al unir los nucleótidos entre sí con enlaces de fosfodiéster



7 Los plásmidos se mezclan con las bacterias. Algunas de ellas toman los plásmidos en un proceso llamado transformación

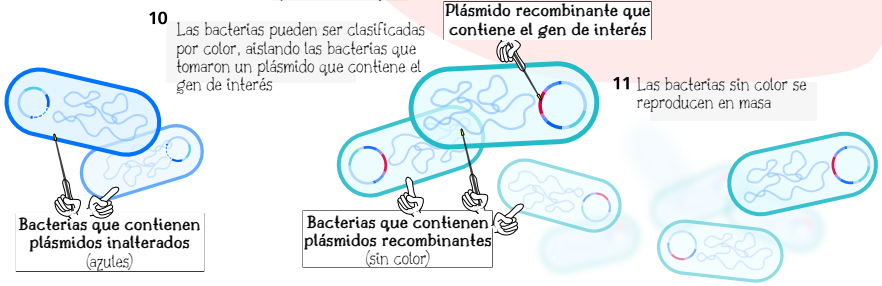
8 Los plásmidos con un gen LacZ continuo hacen que las bacterias se vuelvan azules. En los plásmidos recombinantes, el gen insertado interrumpe al gen LacZ, y las bacterias permanecen con su color original, mientras que las bacterias que no tomaron los plásmidos también permanecen sin color





9 Se añaden antibióticos. Debido a que el plásmido contiene los genes de resistencia a los antibióticos, solo sobreviven las bacterias que tomaron el plásmido

10 Las bacterias pueden ser clasificadas por color, aislando las bacterias que tomaron un plásmido que contiene el gen de interés



11 Las bacterias sin color se reproducen en masa