

# Tema 14



# Ingeniería genética

## ÍNDICE de CONTENIDOS

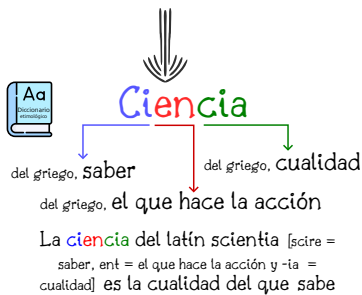
1. Ingeniería genética
2. Herramientas moleculares
3. Técnicas de manipulación del ADN
4. Técnicas de Clonación molecular
5. Aplicaciones de la tecnología del ADN recombinante
6. Proyecto genoma humano
7. Implicaciones éticas de la ingeniería genética

## 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.

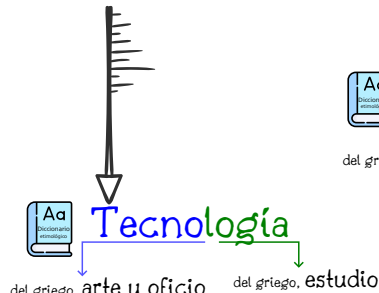
### Ciencia

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



### Tecnología

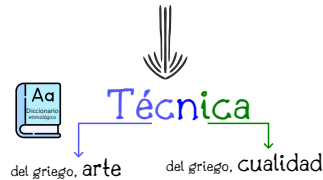
" Conjunto de conocimientos aplicados "



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 "



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.

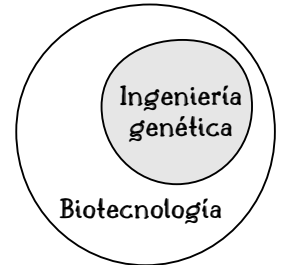


# 1. Biotecnología vs. Ingeniería genética 🐾

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.



"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 enfermedades, producción de medicamentos, clonación terapéutica, estudios forenses y en terapia 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 determinadas enfermedades, mejorar el contenido nutritivo de la carne, o bien fabricar fármacos
- ➔ **Medioambiente.** Se obtienen seres vivos que mejoran el ecosistema

## 1.3 CLASIFICACIONES DE LA BIOTECNOLOGÍAS

La biotecnología se clasifica, según siete colores, en: biotecnología verde, biotecnología roja, biotecnología blanca, biotecnología violeta, biotecnología amarilla, biotecnología azul y biotecnología café.

- ➔ **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.
- ➔ **Biotecnología verde.** Se enfocada en la agricultura y la producción de alimentos, así como en la mejora genética de los cultivos.
- ➔ **Biotecnología violeta.** Se centra en los aspectos legales que rodean a la ciencia de la biotecnología, incluyendo las medidas de seguridad y la bioseguridad.
- ➔ **Biotecnología roja.** Se refiere a la aplicación de la biotecnología en la industria médica y farmacéutica para desarrollar nuevos medicamentos y tratamientos
- ➔ **Biotecnología blanca.** Se desarrolla procesos y productos en la industria química y la producción de biocombustibles.
- ➔ **Biotecnología azul.** Se centra en el desarrollo de productos y procesos relacionados con la biología marina y la acuicultura.
- ➔ **Biotecnología café.** Se busca el desarrollo de soluciones sostenibles para el desarrollo económico.



## 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 son el conjunto de procesos que permiten **editar** (amplificar, cortar, modificar, etc) el genoma de cualquier célula, incluyendo células humanas modificación de una molécula de ADN para producir cambios en la estructura genética de un organismo con el fin de modificar los genes de un organismos.

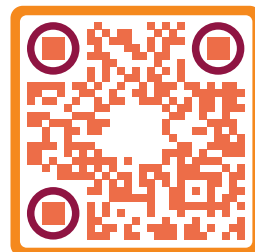
Las técnicas de manipulación más importantes son la amplificación del ADN, secuenciación de ADN, recombinación, reacción en cadena de la polimerasa (PCR), edición del genoma, la detección de marcadores moleculares y la secuenciación de proteínas. Estas técnicas se utilizan para la identificación de especies, el estudio de la variación genética, el diagnóstico de enfermedades, la identificación de patógenos y la detección de resistencia a los antimicrobianos.

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

La **amplificación del ADN** es el proceso bioquímico que aumenta el número de copias de un fragmento o segmento particular de ADN gracias a la herramienta molecular ADN polimerasa. Esto puede ocurrir de forma natural en las células o inducirse a través de técnicas artificiales como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), que permite la amplificación rápida y eficiente de secuencias de ADN específicas.

La **reacción en cadena de la polimerasa o PCR** (por sus siglas en inglés) es una técnica de laboratorio utilizada para amplificar (producir y crear) múltiples copias de un fragmento pequeño de ADN. ¿Cómo se produce copias de ADN?

La técnica de PCR utiliza un pequeño fragmento de ARN llamado cebador, que se une a una región específica de la molécula de ADN que se desea amplificar. Luego, se agregan al tubo de reacción nucleótidos, enzimas y otros componentes necesarios para la reacción en cadena. A través de ciclos repetidos de calentamiento y enfriamiento, las enzimas de la PCR replican el fragmento de ADN original, generando múltiples copias de la secuencia objetivo. Gráficamente se expresa así:



## 3.2 Secuenciación del ADN mediante diversas técnicas

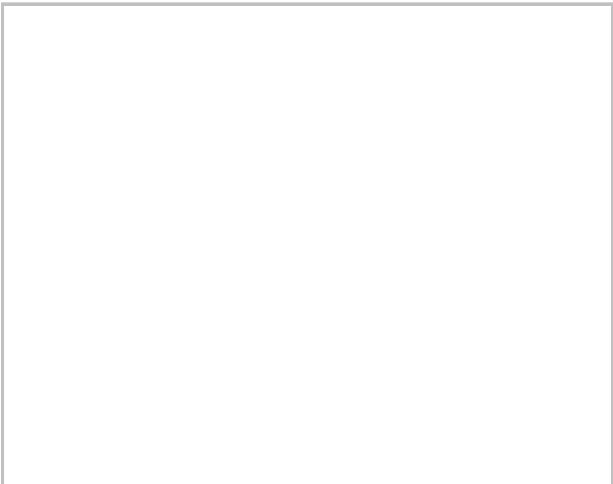
La **secuenciación del ADN** es el proceso de determinar el orden preciso de las bases nucleotídicas que conforman una muestra de ADN. Existen diferentes técnicas para llevar a cabo esta tarea, como la técnica de secuenciación de Sanger, la secuenciación masiva de siguiente generación (NGS) y la secuenciación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

→ **Técnica de secuenciación de Sanger**: se basa en la replicación del ADN a partir de nucleótidos marcados con compuestos fluorescentes y nucleótidos modificados (se les quita el OH del carbono 3', cuando la ADN polimerasa agrega estos nucleótidos modificados a la nueva cadena se para la replicación, pues al carecer de OH en el carbono 3' no se puede unir otro nucleótido).

→ **Técnica masiva de siguiente generación**

→ **Técnica de secuenciación de nanoporos**





# 4. Técnicas de clonación

La **técnica de clonación** consiste en hacer copias idénticas de genes, tejidos u organismos. Hay distintos tipos de clonación, en función a lo que se quiera copiar. Así pues, tenemos la clonación de ADN, la clonación terapéutica y la clonación reproductiva o transferencia nuclear.

**Maestro, ¿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 organismos completos** o **clonación reproductiva** o **clonación de transferencia nuclear de células somáticas** es el proceso por el cual se obtienen uno o varios individuos idénticos (a los que se denomina clones) a partir de una célula somática del individuo original. Los clones tendrán la misma información genética que la célula que le dió origen y, por tanto, son idénticos al original.

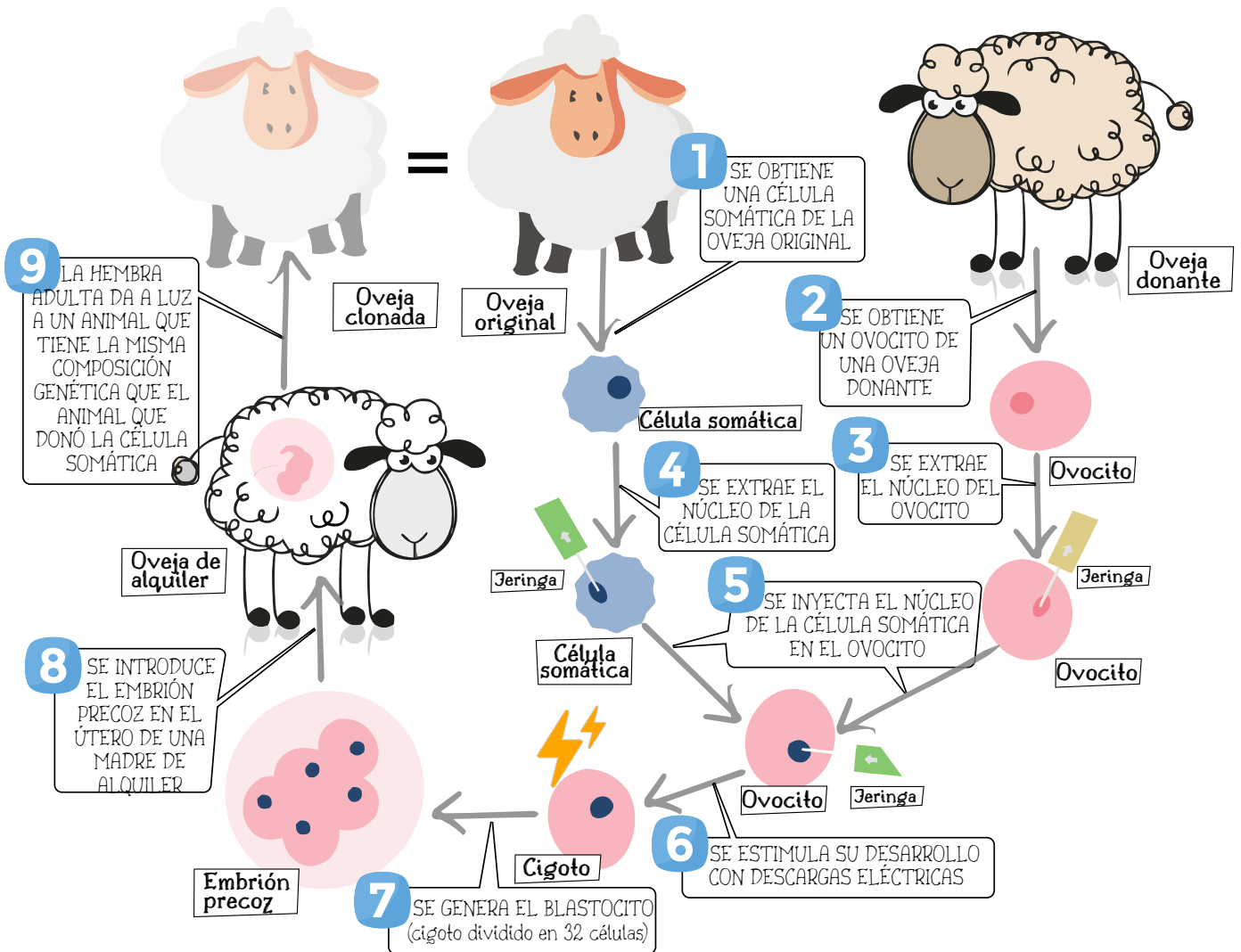
**¿Cómo se clona un ser vivo?** Se toma un óvulo de un individuo y extrae su núcleo. A continuación, se introduce el núcleo de otra célula somática (cualquier célula del cuerpo, que no sea un óvulo ni espermatozoide, con su juego completo de cromosomas). Se obtiene así un óvulo "confundido", pues en 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.

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 desproporcionados, y generalmente mueren antes de llegar a la edad adulta.

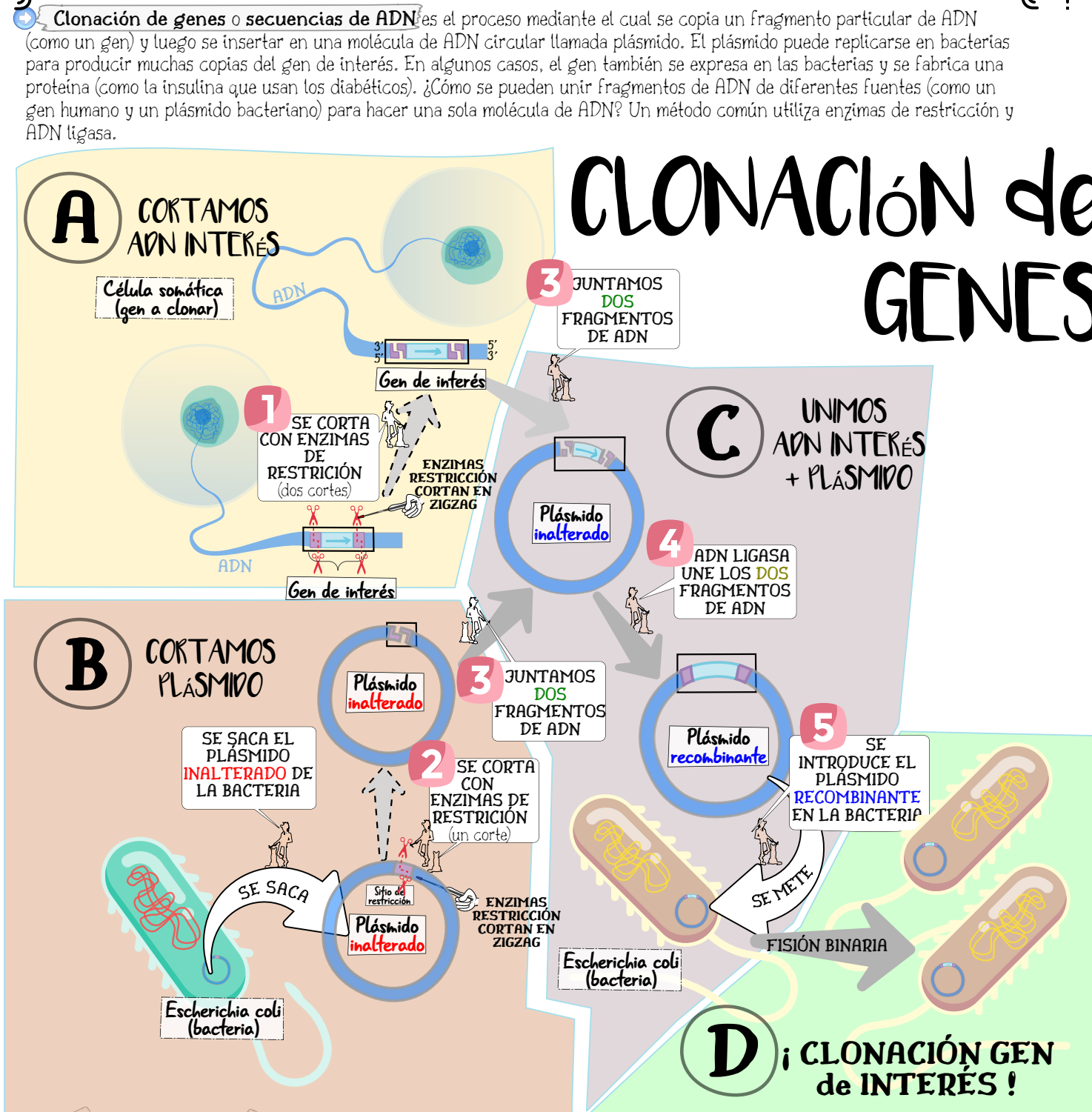


Los restos disecados de la oveja Dolly, el primer mamífero clonado. Es decir, era una "copia" genéticamente idéntica de otra oveja.

# CLONACIÓN de ORGANISMOS



# CLONACIÓN de GENES



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

**Clonación terapéutica o clonación de células madre** es el proceso por el cual se obtienen uno o varios embriones con la finalidad de crear tejidos u órganos a partir de una célula madre del individuo original (que puede provenir de la sangre del cordón umbilical, la médula ósea o de embriones). Por ejemplo, se pueden clonar células específicas del cuerpo para producir tejidos u órganos de reemplazo.

# 5. Aplicaciones DE LA tecnología DEL ADN recombinante

La tecnología del ADN recombinante tiene diversas aplicaciones en campos como:

1. **Medicina:** producción de proteínas terapéuticas (insulina, factor de crecimiento, interferones), terapia génica, desarrollo de vacunas y diagnóstico de enfermedades genéticas.
2. **Agricultura:** creación de plantas transgénicas con resistencia a plagas, tolerancia a herbicidas, mejora en la calidad nutricional y aumento de rendimientos.
3. **Ganadería:** producción de animales transgénicos con características mejoradas, como resistencia a enfermedades y mayor productividad.
4. **Biotecnología industrial:** producción de enzimas y sustancias químicas utilizando organismos modificados genéticamente.
5. **Investigación científica:** estudio de la función de genes específicos, generación de modelos animales de enfermedades y desarrollo de herramientas de edición génica (CRISPR-Cas9).
6. **Medio ambiente:** biorremediación mediante microorganismos modificados para degradar contaminantes y producción de bioplásticos.

## 5.1 Aplicación del ADN recombinante en medicina

La aplicación del ADN recombinante en medicina se utiliza para

- **Producción de medicamentos:** El ADN recombinante se emplea para producir proteínas terapéuticas, como la insulina, la hormona del crecimiento y el factor de coagulación VIII. Estas proteínas se utilizan para tratar enfermedades como la diabetes, la hormona del crecimiento insuficiente y la hemofilia.
- **Terapia génica:** El ADN recombinante se puede utilizar para tratar o prevenir enfermedades genéticas al reemplazar o reparar genes defectuosos.
- **Diagnóstico molecular:** El ADN recombinante se puede utilizar para desarrollar pruebas diagnósticas moleculares que permiten detectar otros patógenos, mutantes genéticos y marcadores moleculares de enfermedad.

## 5.2 Aplicación del ADN recombinante en agricultura

La aplicación del ADN recombinante en agricultura se utiliza para Ingeniería de plantas: El ADN recombinante se puede utilizar para desarrollar plantas más resistentes a los insectos y las enfermedades, más tolerantes a los herbicidas, con mayor capacidad de adaptación a diferentes entornos y con mayores rendimientos.

## 5.3 Aplicación del ADN recombinante en ganadería

La aplicación del ADN recombinante en ganadería se utiliza para Ingeniería de plantas: El ADN recombinante se puede utilizar para desarrollar plantas más resistentes a los insectos y las enfermedades, más tolerantes a los herbicidas, con mayor capacidad de adaptación a diferentes entornos y con mayores rendimientos.

## 5.4 Aplicación del ADN recombinante en biotecnología industrial

La aplicación del ADN recombinante en industria alimenticia se utiliza para Modificación de microorganismos: El ADN recombinante se puede usar para modificar microorganismos, como bacterias y levaduras, para producir proteínas que se utilizan en la producción de alimentos y bebidas, como el queso, la cerveza y el vino

## 5.5 Aplicación del ADN recombinante en investigación científica

La aplicación del ADN recombinante en industria alimenticia se utiliza para Modificación de microorganismos: El ADN recombinante se puede usar para modificar microorganismos, como bacterias y levaduras, para producir proteínas que se utilizan en la producción de alimentos y bebidas, como el queso, la cerveza y el vino

## 5.6 Aplicación del ADN recombinante en medio ambiente

La aplicación del ADN recombinante en industria alimenticia se utiliza para Modificación de microorganismos: El ADN recombinante se puede usar para modificar microorganismos, como bacterias y levaduras, para producir proteínas que se utilizan en la producción de alimentos y bebidas, como el queso, la cerveza y el vino





# 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** es el conjunto completo de información genética (ADN) presente en los 23 pares de cromosomas de una célula humana diploide. Contiene aproximadamente 3 mil millones de nucleótidos que codifican\* alrededor de 20,000 a 25,000 genes.

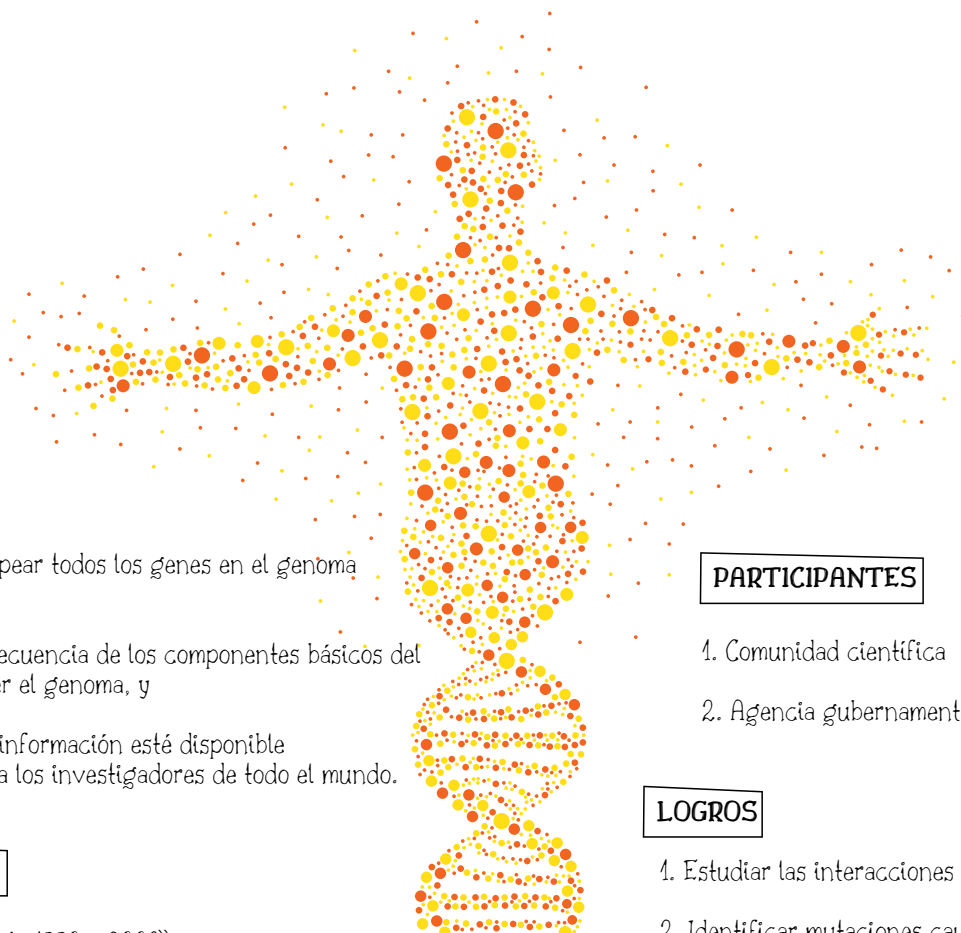
## 6.1 Proyecto genoma humano (PGH)

El **Proyecto Genoma Humano (PGH)** fue un esfuerzo de investigación internacional que tenía como objetivo mapear y secuenciar todo el genoma humano. Se anunció en 1990 y se completó en 2003. El proyecto fue una colaboración entre varias agencias gubernamentales e instituciones de investigación, y sus objetivos principales eran:

1. Identificar y mapear todos los genes en el genoma humano.
2. Determinar la secuencia de los componentes básicos del ADN que componen el genoma, y
3. Hacer que esta información esté disponible gratuitamente para los investigadores de todo el mundo.

El proyecto también tuvo varias implicaciones para campos como la medicina y la biotecnología, ya que permitió a los científicos estudiar las interacciones entre genes, identificar mutaciones causantes de enfermedades y desarrollar nuevas terapias y tratamientos.

La Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos de la UNESCO establece los principios éticos y sociales que deben guiar el desarrollo y aplicación de ciencias y tecnologías relacionadas con el genoma humano.



### OBJETIVOS

1. Identificar y mapear todos los genes en el genoma humano,
2. Determinar la secuencia de los componentes básicos del ADN que componen el genoma, y
3. Hacer que esta información esté disponible gratuitamente para los investigadores de todo el mundo.

### 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** tiene muchas **implicaciones éticas**, tanto **positivas** como **negativas**, que son tema de debate en la comunidad científica, los gobiernos y los grupos de defensa de los derechos de los animales y del medio ambiente.

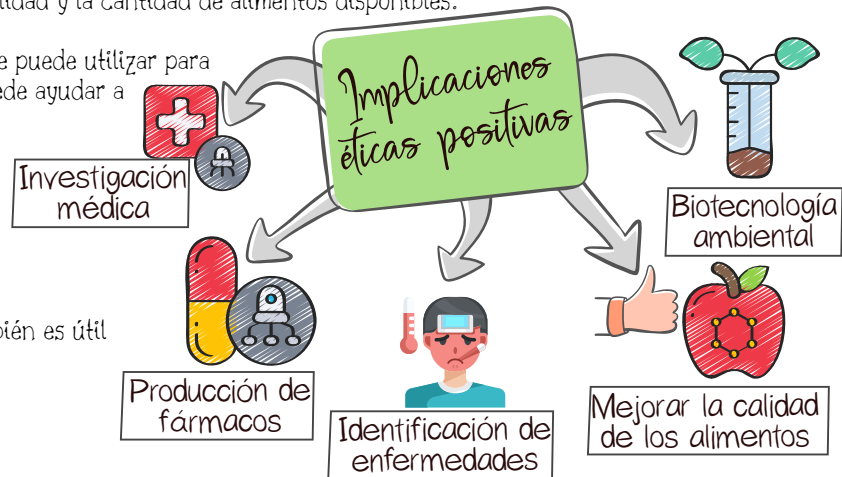


## 7.1 Implicaciones éticas positivas

Las **implicaciones positivas** incluyen la posibilidad de diseñar plantas y animales más resistentes a enfermedades y condiciones climáticas adversas, la capacidad de producir medicamentos y terapias más efectivas, y la posibilidad de mejorar la calidad y la cantidad de alimentos que se producen.

La ingeniería genética tiene varias implicaciones positivas en la sociedad. Algunas de ellas son:

- Producción de nuevos fármacos:** La ingeniería genética ha permitido la producción de nuevos fármacos más eficaces y específicos para el tratamiento de enfermedades.
- 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.
- Biología ambiental:** La ingeniería genética se puede utilizar para producir bacterias degradadoras de vertidos, lo que puede ayudar a reducir la contaminación del medio ambiente.
- Identificación temprana de enfermedades:** La ingeniería genética se puede utilizar para identificar tempranamente enfermedades hereditarias, lo que permite un tratamiento temprano y efectivo.
- Investigación médica:** La ingeniería genética también es útil en la investigación médica, permitiendo la creación

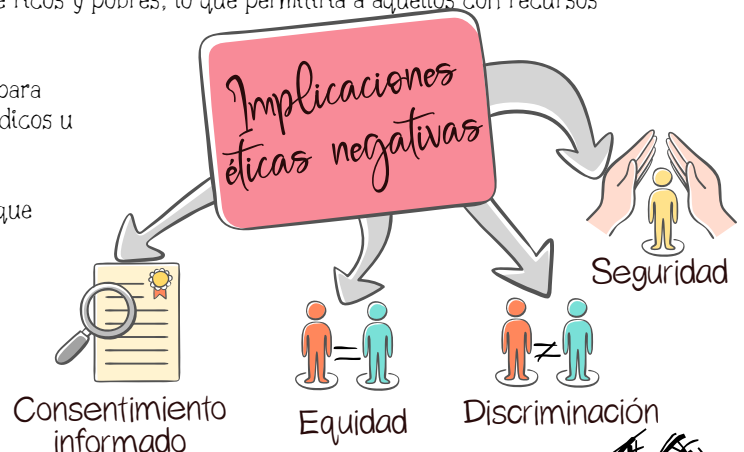


## 7.2 Implicaciones éticas negativas

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.

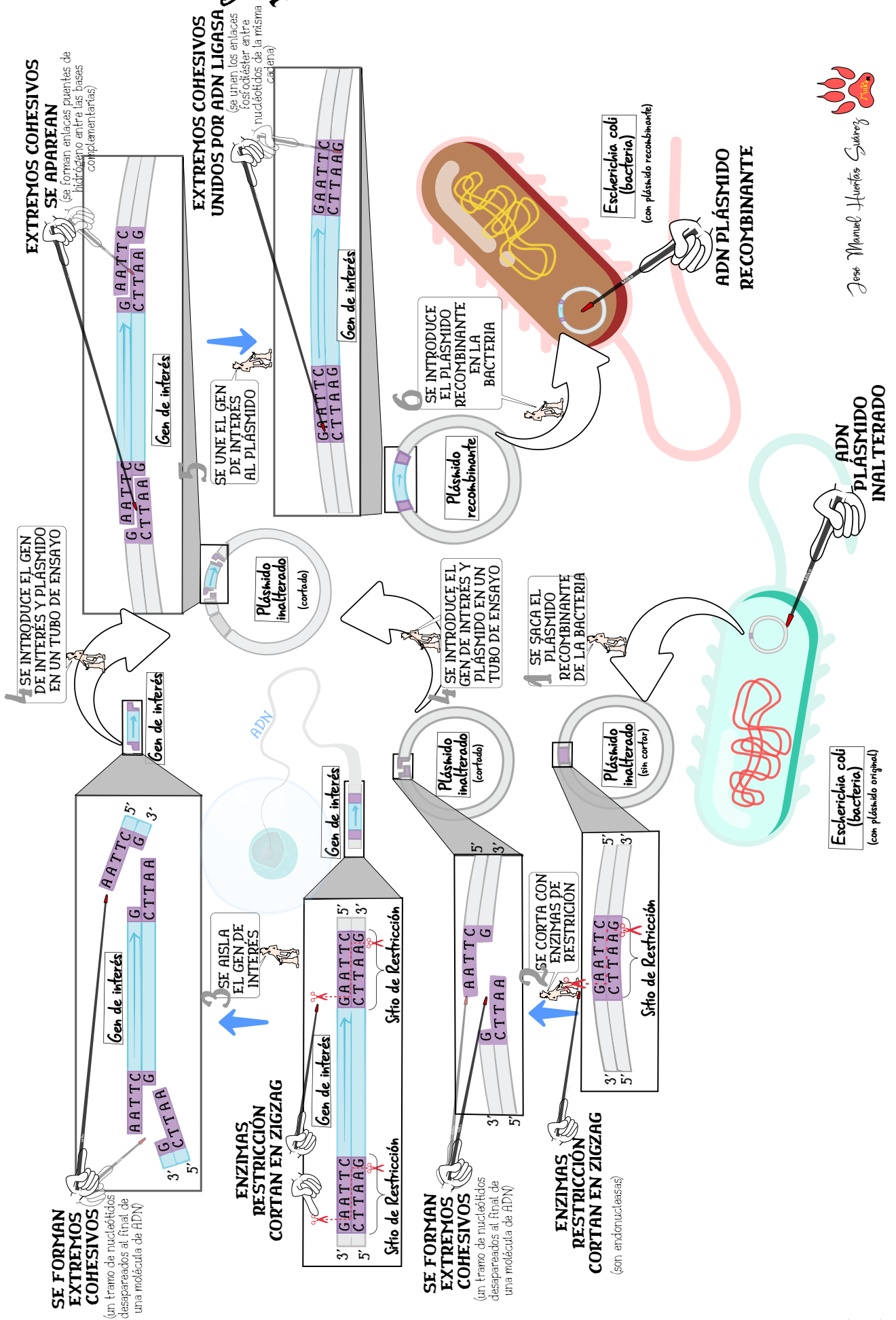
Esto genera las siguientes preocupaciones incluyen:

- Seguridad:** existe el riesgo de efectos secundarios impredecibles y no deseados en los pacientes que reciben terapia génica.
- 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.
- Discriminación:** La información genética puede ser utilizada para discriminar contra individuos por motivos de empleo, seguros médicos u otras áreas importantes de la vida.
- Consentimiento informado insuficiente:** existe el riesgo de que las personas no comprendan completamente las implicaciones de someterse a cambios permanentes en su ADN.



# Clonación de genes

## Anexo I



José Manuel Huertas Suárez

Escherichia coli (bacteria) (con plásmido original)

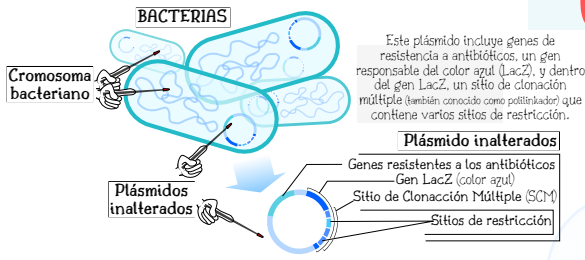
Escherichia coli (bacteria) (con plásmido recombinante)



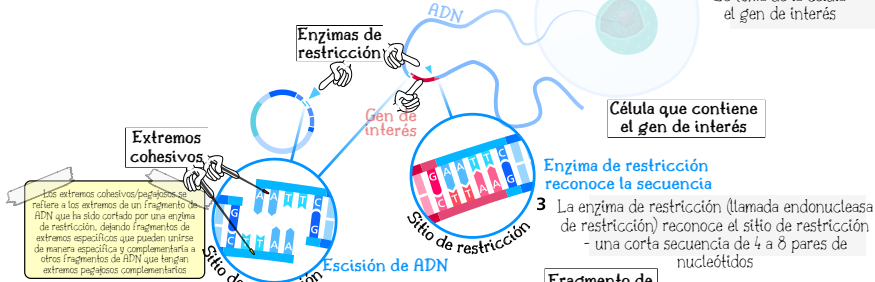
# Anexo 2

## Clonación genética

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).

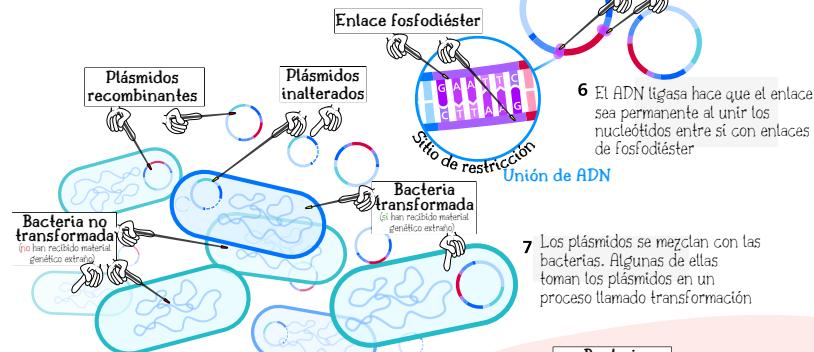


2 Se toma de la célula el gen de interés

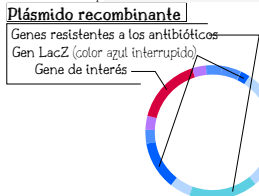


4 La enzima de restricción rompe el ADN, dejando colas simples en los extremos llamados **extremos cohesivos**. La enzima de restricción corta los plásmidos circulares abiertos. La misma enzima corta el gen de interés de su molécula de ADN

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.



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



**Bacteria muertas** (no sobreviven a una exposición de antibióticos)

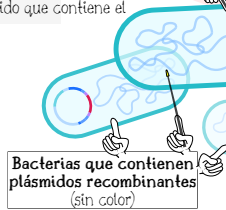
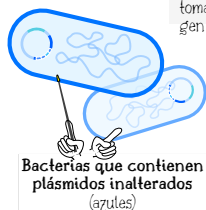
9 Se añaden antibióticos. Debido a que el plásmido contiene los genes de resistencia a los antibióticos, solo sobreviven las bacterias que tomaron el plásmido

**Bacteria supervivientes** (sobreviven a una exposición de antibióticos)

**Exposición a antibióticos**

**Genes resistentes a los antibióticos**

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

José Manuel Huertas Suárez

