

Biotecnología clásica



Biología molecular



Biotecnología moderna



SANTILLANA

Muestra

Todos los derechos reservados - Prohibida su reproducción

Área

1

Continuidad de la vida

→ Objetivos de aprendizaje

- Explicar la estructura y el papel funcional de los ácidos nucleicos como moléculas claves para la comprensión de las bases moleculares de la herencia biológica.
- Aplicar conocimientos de genómica y proteómica en la comprensión de estados fisiológicos y de salud.
- Comprender cómo se produce la alteración de la información genética y las repercusiones producto de ella.
- Argumentar cómo la biotecnología contribuye al avance de la ciencia y la sociedad.

La biología molecular estudia los procesos que se desarrollan en los seres vivos a nivel de sus células, principalmente los que se relacionan con la expresión de los genes y su regulación.

Los avances logrados en esta disciplina científica se aplican en la rama de la biotecnología, ya que se utilizan en la manipulación de ácidos nucleicos y el análisis de proteínas para la obtención de nuevos fármacos, la propagación de plantas, el mejoramiento animal, la producción de alimentos y el diagnóstico de enfermedades, entre otros usos.

→ La situación actual

Muchos científicos consideran que las técnicas biotecnológicas pueden contribuir al logro de un desarrollo sostenible, debido a que con ellas es posible incrementar el rendimiento de los cultivos con menos agua y espacio. Asimismo, con la biotecnología se pueden crear combustibles y materiales a partir de fuentes renovables y utilizar microorganismos para la limpieza de hábitats contaminados; por ejemplo, se han utilizado bacterias para tratar derrames de petróleo en aguas y suelos.



Mejoramiento animal



Cultivo *in vitro*



SANTILLANA

Muestra

Todos los derechos reservados - Prohibida su reproducción

Por qué es importante saberlo?

¿Cuáles son las ventajas para la humanidad de los avances en genética y biotecnología?

- Define qué es un gen.
- Explica de qué manera puede influir el ambiente en la expresión de los genes.
- Justifica cómo el conocimiento de los genes ayuda a diagnosticar mejor las enfermedades hereditarias y a encontrar un tratamiento adecuado para ellas.
- Enumera tres medidas que contribuyen a prevenir alteraciones en el ADN de nuestro organismo.
- Cita tres beneficios que podemos obtener de microorganismos como las bacterias.

Ubica en el tiempo algunos hechos relevantes para la biología molecular y la biotecnología

Karl Ereky

Acuña el término "biotecnología".

1919

George Beadle y Edward Tatum

Comprueban experimentalmente que los genes contienen el código para la fabricación de las proteínas.

1955

Har Gobind Khorana, Marshall Nirenberg y Robert Holley

Ganan el Premio Nobel de Fisiología o Medicina por sus trabajos en el desciframiento del código genético.

1958

1961

1968

Kary B. Mullis

Inventa la reacción en cadena de la polimerasa (PCR, por sus siglas en inglés), que permite replicar el ADN en el laboratorio.

1972

1985

Severo Ochoa

Descubre y aísla la enzima ARN-polimerasa. Posteriormente logra sintetizar el ARN en un laboratorio.

François Jacob y Jacques Monod

Desarrollan una teoría sobre los mecanismos de regulación genética que expone cómo, a nivel molecular, ciertos genes son activados y otros inhibidos.

Paul Berg

Creó las primeras moléculas de ADN recombinante, momento inicial de la ingeniería genética moderna.



Tema 1. Los ácidos nucleicos y sus características

Indicadores de logro

1. Describe la estructura molecular de los ácidos nucleicos.
2. Explica el papel funcional de los ácidos nucleicos en la herencia biológica.
3. Utiliza adecuadamente el equipo de laboratorio para comprender el funcionamiento del ADN y el ARN.
4. Relaciona la transcripción y la traducción de la información genética.
5. Describe el comportamiento de las proteínas como elementos básicos de la vida.
6. Explica las aplicaciones e importancia de la genómica y la proteómica en la medicina.
7. Identifica las diferencias entre mutaciones génicas y cromosómicas.
8. Reconoce el impacto de las alteraciones de la información genética en la salud humana.
9. Distingue los beneficios y los perjuicios de las mutaciones en la salud humana.

Los ácidos nucleicos contienen el código de la vida

Todas nuestras características están determinadas, al menos en parte, por los **ácidos nucleicos**. Estas macromoléculas se llaman así por su carácter ácido y por haber sido originalmente descubiertos en el núcleo de las células, en el siglo XIX.

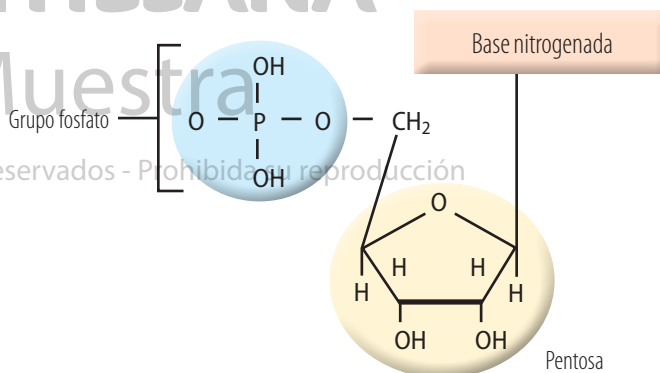
A partir de la década de 1940, los ácidos nucleicos pasaron a estudiarse detalladamente, pues se descubrió su papel en la herencia genética. Ellos portan la información hereditaria que coordina y regula el metabolismo celular y determina las secuencias de aminoácidos para constituir las proteínas de cada célula.

Componentes de los ácidos nucleicos

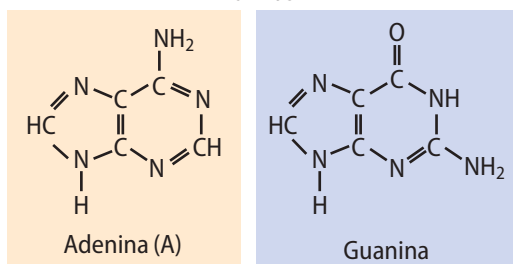
Los ácidos nucleicos son moléculas orgánicas compuestas de carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno y fósforo. Están constituidos por la unión de moléculas más sencillas denominadas **nucleótidos**.

Cada nucleótido está formado por la unión de tres subunidades:

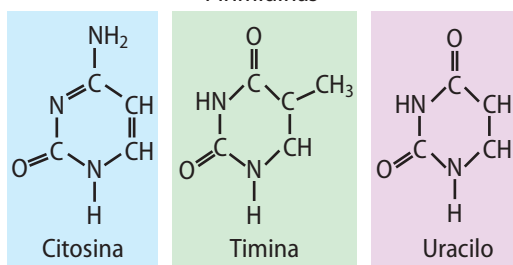
- Un **grupo fosfato**, derivado del ácido fosfórico.
- Una **pentosa**, carbohidrato de cinco átomos de carbono.
- Una **base nitrogenada**.



Purinas



Pirimidinas



Las cinco bases nitrogenadas presentes en los ácidos nucleicos de los seres vivos.

En los ácidos nucleicos, las pentosas junto con los grupos fosfato tienen una función estructural, mientras que las bases nitrogenadas determinan sus funciones en la codificación de la información hereditaria. Hay dos grupos de bases: **púricas** o **purinas** y **pirimídicas** o **pirimidinas**.

Las **purinas** están constituidas por **dos anillos** formados por nitrógeno y carbono en su estructura. Pertenecen a este grupo la **adenina** (A) y la **guanina** (G).

Las **pirimidinas** tienen **un solo anillo** de carbono y nitrógeno. Son bases pirimídicas la **citocina** (C), la **timina** (T) y el **uracilo** (U).

Para formar las cadenas o hebras de los ácidos nucleicos, los nucleótidos se unen por medio de **enlaces fosfodiéster** que se establecen entre el carbohidrato de un nucleótido y el fosfato del siguiente nucleótido.



En los seres vivos existen dos tipos de ácidos nucleicos: el ácido desoxirribonucleico o ADN y el ácido ribonucleico o ARN, ambos con funciones y estructuras distintas; sin embargo, la información que cada uno porta está codificada por la secuencia de las bases nitrogenadas que se constituye al unirse linealmente los nucleótidos.

El ADN y su estructura

El **ácido desoxirribonucleico**, o **ADN**, se encuentra tanto en células procariontas como eucariontas. En estas últimas se localiza principalmente en el núcleo, pero también se halla en los cloroplastos y las mitocondrias. Su función es servir de almacén de la información genética de los seres vivos y de numerosos virus (solo algunos virus tienen ARN como material genético).

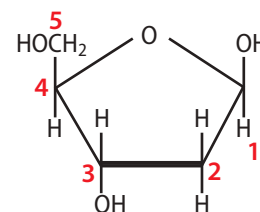
El carbohidrato del ADN es la pentosa **desoxirribosa**. Sus bases nitrogenadas son la adenina (A), la guanina (G), la citosina (C) y la timina (T).

Varios científicos contribuyeron, mediante sus estudios, a la comprensión de la naturaleza fisicoquímica del ADN, entre ellos Rosalind Franklin (1920-1958), Erwin Chargaff (1905-2002) y Maurice Wilkins (1916-2004).

En el año 1953, Francis Crick (1916-2004) y James D. Watson (n.1928) postularon un modelo estructural de la molécula de ADN, el cual continúa vigente y permite explicar procesos como la replicación del ADN y la participación de esta molécula en la síntesis de proteínas. Por esa propuesta, ambos, junto con Wilkins, fueron galardonados en 1962 con el premio Nobel de Fisiología o Medicina. De acuerdo con este modelo, la molécula del ADN tiene las siguientes características:

- El ADN está constituido por **dos cadenas de polinucleótidos**, enrolladas en espiral alrededor de un eje imaginario que forma una **doble hélice**. Las dos cadenas se mantienen unidas entre sí por medio de **puentes de hidrógeno** entre pares de bases nitrogenadas específicas: la adenina únicamente se une a la timina mediante dos puentes de hidrógeno ($A = T$) y la guanina solo se enlaza con la citosina por medio de tres puentes de hidrógeno ($G \equiv C$).
- Las dos cadenas de una molécula de ADN son siempre **complementarias**: un nucleótido de adenina de una de las cadenas siempre corresponde a un nucleótido de timina de la otra cadena y viceversa; un nucleótido de guanina en una de las cadenas siempre corresponde a un nucleótido de citosina en la otra cadena y viceversa. Por ejemplo, si la secuencia de bases de una de las cadenas de ADN es ATTGCAT, la otra cadena presentará, en la región correspondiente, la secuencia complementaria TAACGTA.
- Las dos cadenas de la hélice de ADN son **antiparalelas**; esto significa que se disponen en forma paralela, pero en sentidos opuestos.

Se acostumbra enumerar los cinco carbonos de la pentosa en el sentido de las manecillas del reloj, de manera que 3' ("tres prima") se refiere al tercer carbono y 5' ("cinco prima") se refiere al quinto carbono. En la doble cadena de ADN, los nucleótidos de la hebra de arriba van en dirección 5' a 3', y los de la hebra complementaria van en dirección opuesta; es decir, 3' a 5'. En el enlace fosfodiéster, el fosfato en el carbono 5' está unido al carbono 3' del carbohidrato adyacente.

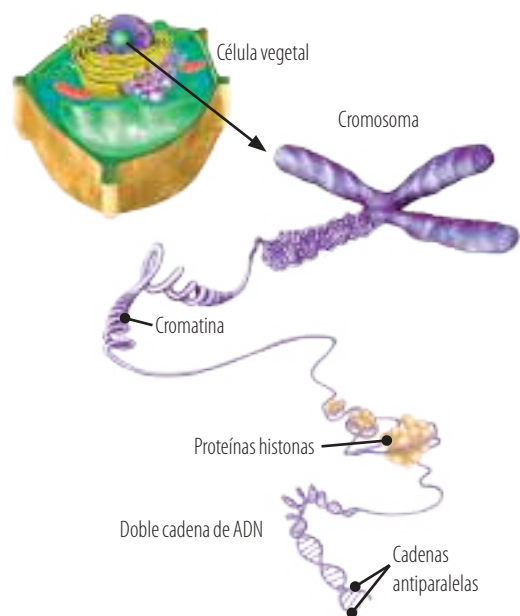


La desoxirribosa, carbohidrato del ADN. El carbono 3' está enlazado a un grupo OH; el 5' está unido al grupo fosfato.

Científica extrema



El descubrimiento de la estructura del ADN no habría sido posible sin las investigaciones de Rosalind Franklin, una bióloga molecular nacida en Inglaterra en 1920. En su época las mujeres científicas no recibían el mismo trato que sus colegas masculinos y eran consideradas de menor rango. A pesar de ello, Franklin perseveró en el estudio del ADN y logró obtener imágenes del ácido desoxirribonucleico mediante difracción de rayos X. Sin el conocimiento de Rosalind, Maurice Wilkins mostró una de esas imágenes a James Watson. Esa fotografía le proporciona a este científico y a Francis Crick lo que necesitaban para formular su modelo de la estructura del ADN. Para muchos es claro que Rosalind Franklin no recibió el reconocimiento que merecía por sus aportes a la ciencia. Murió en 1958 de un cáncer, a la temprana edad de 37 años y con mucho aún por ofrecer al mundo.



Los cromosomas son cromatina superenrollada y compactada. En ellos se almacena toda la información genética de los seres vivos.

Las moléculas de ADN son generalmente muy largas, con millones de nucleótidos unidos en secuencia. En el núcleo de las células humanas, formando la cromatina, existen moléculas de ADN que alcanzan casi 10 centímetros de longitud; son finísimas, pues su diámetro es de aproximadamente 0,000002 milímetros. Según las condiciones celulares, las hebras de ADN se pueden enrollar o desenrollar.

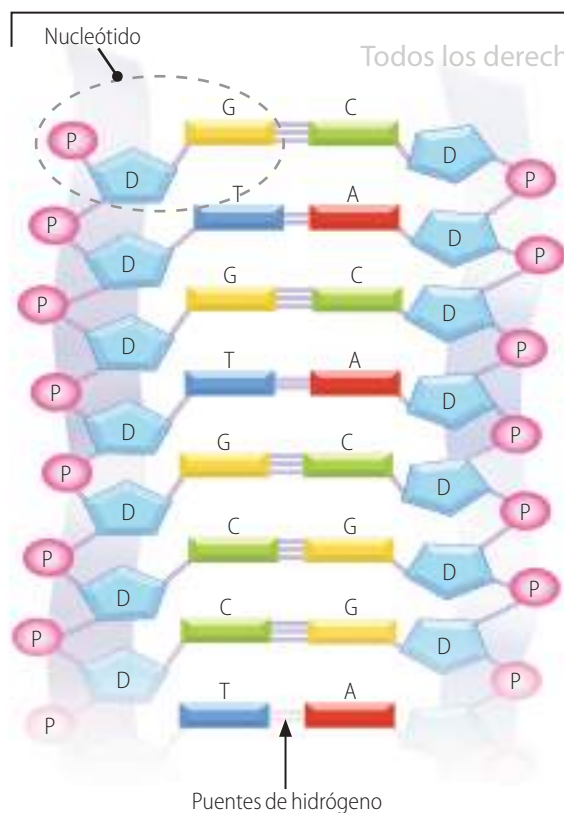
Representaciones del ADN

En muchas fuentes de información es posible observar diferentes formas de representar la molécula de ADN; todas ellas ayudan a comprender mejor las características químicas de la macromolécula, ya que permiten hacer una apreciación más detallada de sus particularidades: átomos que la conforman, enlaces que se establecen y organización estructural, entre muchas otras. Algunas de estas representaciones son:

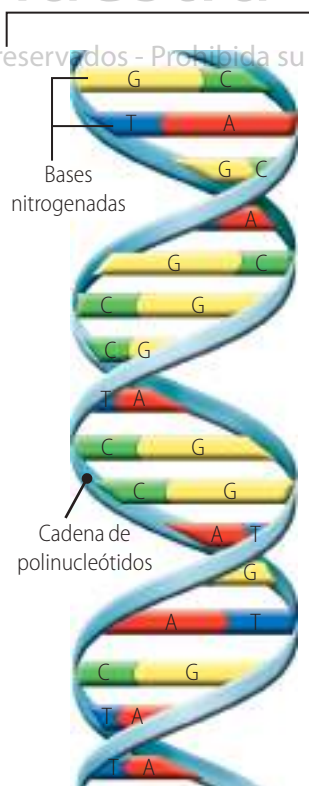
- **Plana.** Muestra las dos cadenas unidas por medio de sus bases nitrogenadas: una purina se enlaza a una pirimidina.
- **Doble hélice en el espacio.** Detalla los puentes de hidrógeno entre bases nitrogenadas.
- **Modelo de esferas.** Muestra su disposición espacial.

Los siguientes son esquemas de esos tres modelos:

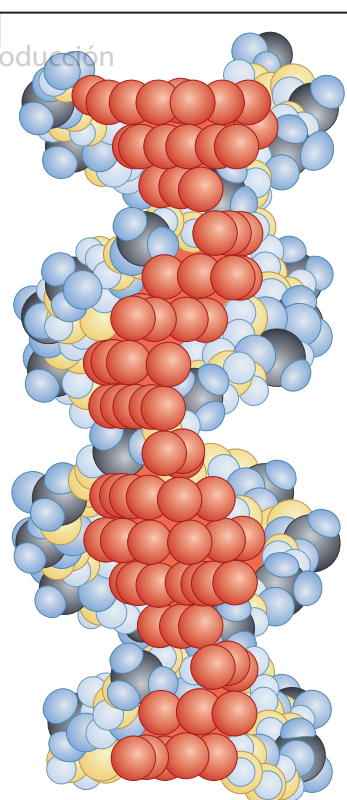
Representación plana



Doble hélice en el espacio



Modelo de esferas





La replicación del ADN

La **duplicación** o **replicación del ADN** es un proceso que origina dos copias idénticas de una molécula de ácido desoxirribonucleico. La replicación permite que las células hijas resultantes de la mitosis celular reciban la misma información genética de la célula madre. Tiene lugar al final de la interfase y, para que ocurra, la célula requiere las moléculas que forman los nucleótidos y las enzimas que controlan y dirigen el proceso.

El proceso de replicación es **semiconservativo**, ya que las dos hebras del ADN se separan y sirven de **molde** para producir otras cadenas idénticas; es decir, cada molécula de ADN recién formada **conserva la cadena de la "molécula madre"** que sirvió de molde y **produce una cadena nueva complementaria**.

En el proceso de duplicación del ADN, los puentes de hidrógeno que unen las dos cadenas se deshacen y las cadenas se separan. A medida que las bases de cada cadena se desemparejan de sus complementarias, los nucleótidos libres presentes en la célula se unen a ellas, de tal manera que la adenina siempre se empareja con la timina y la citosina con la guanina. Los nucleótidos que se encajan en cada una de las cadenas del ADN en duplicación se unen unos a otros y dan origen a una cadena complementaria de la que le sirve de molde. El siguiente esquema detalla los eventos que ocurren en la replicación del ADN:

Argumento

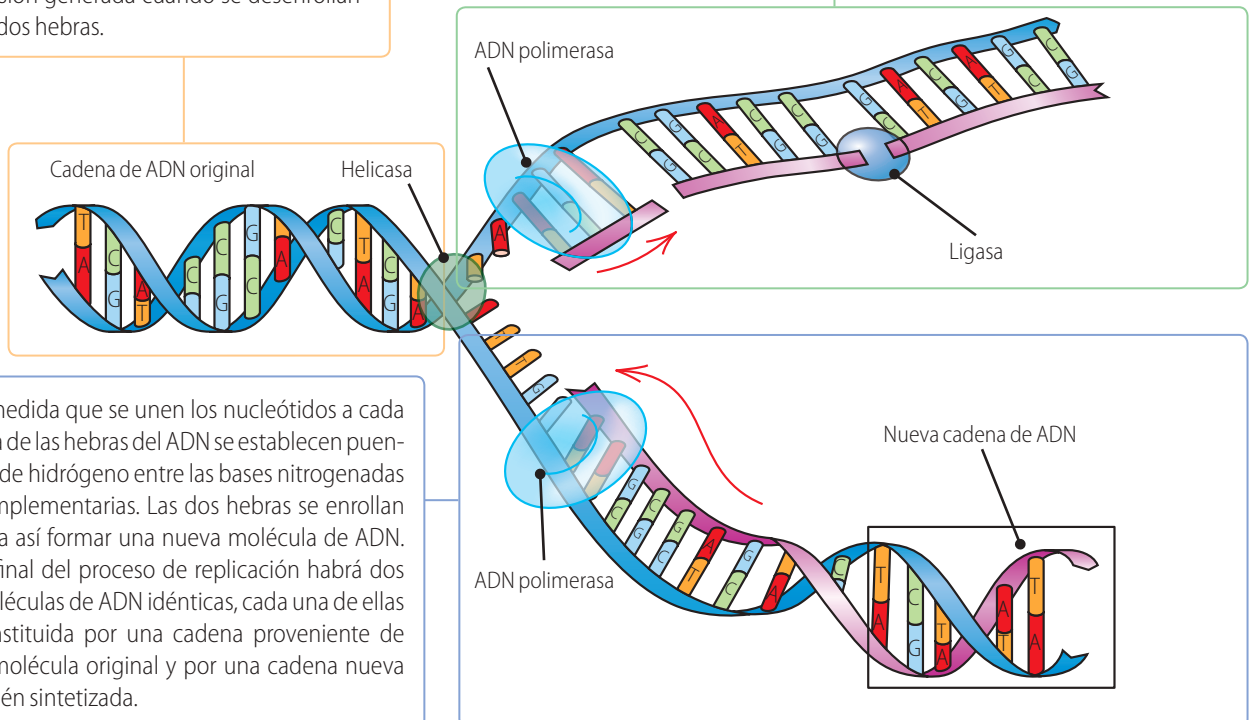
Justifica por qué es necesaria la replicación del ADN en el ciclo de vida de una célula.

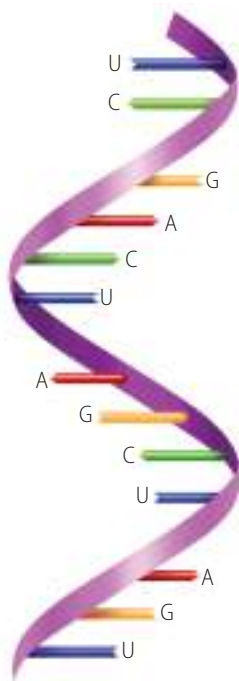
Recurso TIC

Trabaja en la siguiente dirección electrónica: <http://www.santillana.com.pa/OD/ADNreplicaB12>

1. El proceso comienza con la ruptura de los puentes de hidrógeno que unen las bases nitrogenadas complementarias de ambas cadenas de la molécula de ADN, de manera que estas se separan. En esta acción intervienen enzimas denominadas **helicosas**, que ayudan a desenrollar la hélice, y **ADN girasas**, que disminuyen la tensión generada cuando se desenrollan las dos hebras.

2. Cada cadena de la molécula original de ADN sirve de molde para la síntesis de una nueva cadena complementaria. A medida que las bases nitrogenadas de cada cadena se separan, a ellas se les unen nucleótidos que están libres en la célula y que tienen las bases nitrogenadas complementarias: la adenina siempre se va a emparejar con una timina ($A = T$) y la guanina con una citosina ($G = C$). Este proceso ocurre gracias a la acción de las enzimas **ADN polimerasas**. La enzima **ADN ligasa** repara las discontinuidades en el ADN y cataliza la formación de enlaces fosfodiéster entre los extremos 3' y 5' de fragmentos de ADN adyacentes.





Estructura del ARN monocatenario o de cadena sencilla.

El ARN y su estructura

El **ácido ribonucleico**, o **ARN**, es un componente de todos los seres vivos y es el principal material genético de ciertos virus. Se puede encontrar en el citoplasma, asociado a los ribosomas. En las células eucariotas está también en el retículo endoplasmático, las mitocondrias, el nucléolo y los cloroplastos.

El ARN desempeña diversas funciones, en general relacionadas con la interpretación, la transmisión y la expresión de la información del ADN. Las moléculas de ARN también catalizan reacciones, como la formación de uniones peptídicas en la síntesis de proteínas.

Estructuralmente, el ARN está constituido por una sola hebra de nucleótidos, aunque algunas regiones pueden plegarse al unir sus bases nitrogenadas, con lo que se forman segmentos de doble cadena. Cada nucleótido de esta molécula contiene la pentosa **ribosa**, un grupo fosfato y una base nitrogenada que puede ser **adenina (A)**, **guanina (G)**, **citocina (C)** o **uracilo (U)**.

Puede presentar diferentes configuraciones: una estructura primaria lineal dada por el ordenamiento de los nucleótidos en línea; una estructura secundaria o apareamiento intramolecular, en regiones cortas del ARN, y una estructura terciaria en forma de “L” invertida, en la que hay un apareamiento de bases y formación de puentes de hidrógeno.

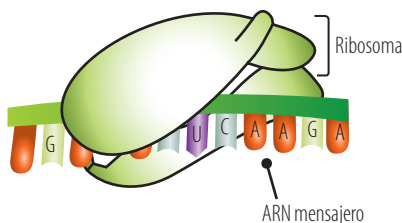
Existen **tres tipos principales de ARN** que se clasifican según su función en ARN mensajero (ARNm), ARN ribosomal (ARNr) y ARN de transferencia (ARNt). Los tres participan en la **síntesis de proteínas**. A continuación se proporciona una breve descripción de cada uno de ellos.

ARN mensajero (ARNm)



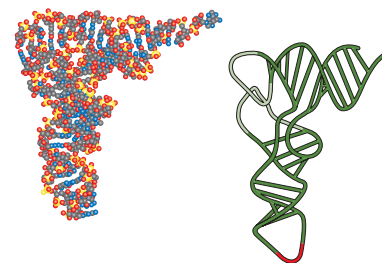
El **ARNm** se puede encontrar en el núcleo celular y en el citoplasma. La función de esta molécula es copiar la información del ADN nuclear, la cual está codificada en **tripletas de bases nitrogenadas** denominadas **codones**. El ARNm transporta esa información hasta el citoplasma, en donde se encuentran los ribosomas; por esta razón recibe la denominación de mensajero.

ARN ribosomal (ARNr)



El **ARN ribosomal** o **ribosómico** se combina con proteínas especiales del citoplasma y origina los **ribosomas**, que son las estructuras donde se lleva a cabo la síntesis de proteínas. El ARNr es la **parte catalítica** de los ribosomas, por lo que su función es acelerar la formación de enlaces peptídicos entre los aminoácidos durante la síntesis proteica.

ARN de transferencia (ARNt)



El **ARNt** se halla en el citoplasma. Esta molécula posee un brazo al que se une un aminoácido específico y una región media donde se encuentra una tripleta de bases nitrogenadas denominada **anticodón**. Su función es el transportar los aminoácidos hasta los ribosomas, donde se unen con los codones correspondiente del ARNm para formar proteínas.



Transcripción: de ADN a ARNm

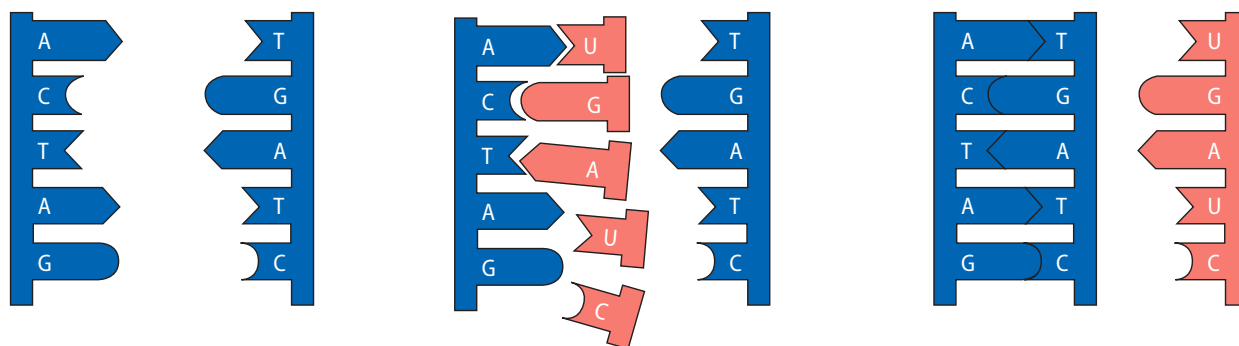
El ADN contiene el código para la fabricación de proteínas y otras moléculas de las células; para llevar a cabo la elaboración de esas sustancias, esa información debe ser transferida primero a una molécula de **ARN mensajero**. La **transcripción** es el proceso mediante el cual **la información contenida en un gen se transfiere a una molécula de ARN**.

La duplicación del ADN difiere de la síntesis de ARN en que en esta última se utilizan nucleótidos que contienen ribosa en lugar de desoxirribosa y uracilo en lugar de timina; además, **solo una de las cadenas del ADN sirve de molde para sintetizar el ARNm**.

La transcripción ocurre a través de los siguientes procesos:

- La enzima **ARN polimerasa** promueve la separación de las dos hebras de ácido desoxirribonucleico. Solo una de las cadenas de ADN sirve de molde para producir ARN. La otra hebra permanece **inactiva** durante el proceso.
- La enzima **ARN polimerasa** orienta la adición de nucleótidos libres complementarios de la cadena de ADN molde: los ribonucleótidos con uracilo del ARN se emparejan con las adeninas del ADN ($A = U$); los que contienen la base guanina se unen a los que tienen citosinas ($G = C$); los ribonucleótidos con citosina se emparejan con las guaninas del ADN ($C = G$), y los que poseen adenina se emparejan con los nucleótidos del ADN que tienen timina ($A = T$).
- A medida que se van emparejando con el ADN, los nucleótidos del ARN se unen por la acción del **ARN polimerasa**, y se forma así la molécula de ARN.
- La molécula de ARN formada se desprende de la cadena molde del ADN al final del proceso. Las dos hebras de ADN se vuelven a enrollar para reconstituir la doble hélice.

La secuencia de bases nitrogenadas de una molécula de ARN refleja rigurosamente la secuencia de bases de la cadena de ADN que sirvió de molde. Por ejemplo, una cadena de ADN con secuencia de bases **TAGGCTAA** produce un ARN con secuencia de bases **AUCCGAUU**. Así, el mensaje en código escrito en el ADN se transcribe en el ARN. Por esta razón, el proceso de producción de ARN recibe el nombre de transcripción de los genes. El siguiente esquema resume el proceso de transcripción:



- La primera fase del proceso de síntesis de ARN es la separación de las dos cadenas de ADN que constituyen un gen. Una de las cadenas del ADN sirve de molde para la formación del ARNm.
- La cadena molde de ADN determina el orden en que se deben unir los ribonucleótidos. La enzima ARN polimerasa cataliza la colocación de ribonucleótidos; este proceso ocurre siempre del extremo 5' al 3'.
- Los ribonucleótidos ordenados sobre la cadena molde se unen y forman una molécula de ARN complementaria a la hebra de ADN. Al final del proceso, el ARNm se separa de la cadena molde y esta vuelve a unirse a su cadena complementaria.

Interpreto

- Realiza, en tu cuaderno, un cuadro comparativo entre la molécula de ADN y la molécula de ARN; incluye el tipo de carbohidrato, las bases nitrogenadas, la estructura, dónde se localizan en la célula eucariota y las funciones de cada ácido nucleico.
- Menciona dos diferencias entre los procesos de replicación y transcripción.



Abreviatura	Aminoácido
Phe	Fenilalanina
Leu	Leucina
Ile	Isoleucina
Met	Metionina
Val	Valina
Ser	Serina
Pro	Prolina
Thr	Treonina
Ala	Alanina
Tyr	Tirosina
His	Histidina
Gln	Glutamina
Asn	Asparagina
Lys	Lisina
Asp	Ácido aspártico
Glu	Ácido glutámico
Cys	Cisteína
Trp	Triptófano
Arg	Arginina
Gly	Glicina

Los veinte aminoácidos de los seres vivos codificados por el código genético universal.

El código genético

El **código genético** es el lenguaje que se utiliza para transmitir la información hereditaria. Así como existe un alfabeto con el cual se pueden armar un sinnúmero de palabras, los seres vivos tienen una especie de “alfabeto” que se encuentra codificado en la molécula de ADN y el cual, al interpretarlo, permite sintetizar las proteínas. Las letras del código genético son los **nucleótidos**; las “palabras” están formadas por conjuntos de tres nucleótidos conocidos como **codones** y un conjunto de palabras se traduce en una **proteína**, en donde cada palabra corresponde a un aminoácido.

La correspondencia entre los codones del ARNm y los aminoácidos que son transportados por el ARNt constituye el código genético. Las cuatro bases nitrogenadas presentes en el ARNm (A, U, G y C) reunidas de tres en tres, forman 64 codones distintos. De esos 64 codones, 61 corresponden a los veinte tipos de aminoácidos que constituyen las proteínas. Los tres codones restantes no corresponden a ningún aminoácido y funcionan como **puntuación**, indicando el final de la información genética en la molécula del ARNm; estos **codones de terminación** o **de parada** son el UAA, el UAG y el UGA.

Francis Crick y el grupo de colaboradores del biólogo surafricano **Sydney Brenner** (1927) lograron establecer las siguientes características para el código genético:

- ❖ Está organizado en **tripletes** o **codones**: cada triplete codifica para un aminoácido.
- ❖ Es **degenerado**; esto significa que existen más codones que aminoácidos, lo que sugiere que **para un mismo aminoácido hay más de un codón codificante**.
- ❖ No se **traslapa**: un nucleótido **pertenece solo a un codón**, no puede ser parte de otro.
- ❖ Es **universal**, porque es el mismo para todos los seres vivos.
- ❖ Es **continuo**: la lectura del código genético se hace de forma continua; no existen zonas que no puedan ser decodificadas. De esta manera, si se adiciona o hace falta un nucleótido, se altera toda la lectura.

El siguiente esquema resume el código genético universal.

Segunda base del codón

		U		C		A		G		
Primera base del codón	U	UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U
		UUC	Phe	UCC	Ser	UAC	Tyr	UGC	Cys	C
		UUA	Leu	UCA	Ser	UAA	pare*	UGA	pare*	A
		UUG	Leu	UCG	Ser	UAG	pare*	UGG	Trp	G
	C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg	U
		CUC	Leu	CCC	Pro	CAC	His	CGC	Arg	C
		CUA	Leu	CCA	Pro	CAA	Gln	CGA	Arg	A
		CUG	Leu	CCG	Pro	CAG	Gln	CGG	Arg	G
	A	AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser	U
		AUC	Ile	ACC	Thr	AAC	Asn	AGC	Ser	C
		AUA	Ile	ACA	Thr	AAA	Lys	AGA	Arg	A
		AUG	Met	ACG	Thr	AAG	Lys	AGG	Arg	G
	G	GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U
		GUC	Val	GCC	Ala	GAC	Asp	GGC	Gly	C
		GUA	Val	GCA	Ala	GAA	Glu	GGA	Gly	A
		GUG	Val	GCG	Ala	GAG	Glu	GGG	Gly	G
Tercera base del codón										

Las letras de la columna azul corresponden a las bases que ocupan la primera posición en el triplete; las de la línea superior roja, a las bases que ocupan la segunda posición en el triplete, y las letras de la columna verde corresponden a las bases de la tercera posición en el triplete. El vocablo *pare** corresponde a los codones de terminación o parada.

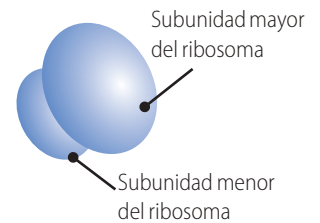


Traducción: de ARN a proteínas

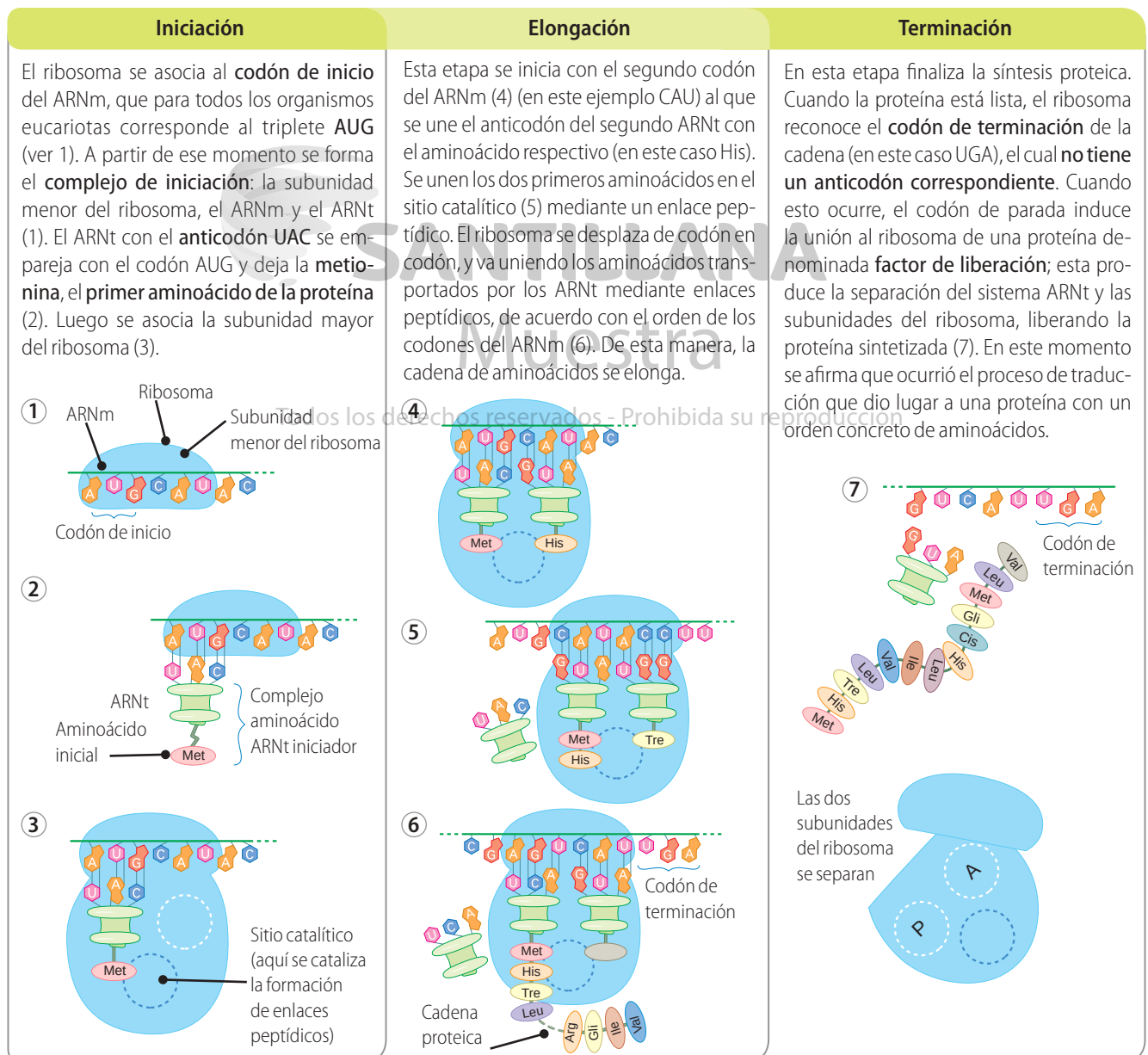
Una vez que la información genética sobre cómo elaborar una proteína se ha transcrito a ARN, se traduce al lenguaje de las proteínas. La **traducción** es el proceso de **síntesis de proteínas** a partir de la información genética que traslada el ARNm, desde el núcleo al citoplasma.

La traducción se inicia cuando el **ribosoma** detecta el ARN mensajero que ha llegado al citoplasma y empieza a "leer" sus codones para traducirlos al lenguaje de las proteínas: cada codón especifica un aminoácido concreto. En el proceso también interviene el **ARN de transferencia**; cada ARNt tiene un triplete denominado **anticodón** que es **complementario al codón del ARNm**. Así, los ARNt actúan en la síntesis de las proteínas como "adaptadores" al encajar los aminoácidos de acuerdo a los codones del ARNm.

La traducción se realiza en tres etapas que son: iniciación, elongación y terminación. Estas se describen a continuación.



El ribosoma, formado por ARNr y proteínas, consta de dos partes o subunidades: una menor y otra mayor. En el ribosoma hay un "sitio A", que se une al ARNt con el anticodón, y un "sitio P", que se une al ARNt con la cadena de polipéptidos.





Diversos estudios genómicos han revelado que los genomas del ser humano y del chimpancé comparten una similitud de entre el 95 y el 99 por ciento.



Actualidad científica

Gracias a los grandes avances de la biología molecular en las últimas décadas, ha sido posible determinar la secuencia de pares de bases nitrogenadas de todo el ADN constituyente del genoma de algunas especies. Esa es la base de los llamados proyectos Genoma, el primero de los cuales fue el Proyecto Genoma Humano. Este proyecto se inició oficialmente en 1990 y concluyó en 2003, con la determinación de la secuencia de los cerca de 3 billones de pares de bases nitrogenadas que forman nuestros 22 tipos de autosomas y los dos tipos de cromosomas sexuales (X y Y). Además del genoma humano, ya han sido secuenciados los genomas de especies de todos los reinos, como la bacteria *Agrobacterium tumefaciens*, el arroz, la abeja melífera, la vaca doméstica, el caballo y el chimpancé.

El número total de genes humanos, cerca de 25 000, es bastante menor de lo previsto antes de la secuenciación del genoma humano. Este número es igual en ratones y algo superior al de las moscas, cuyo genoma tiene 13 000 genes. No es la cantidad de genes lo que da lugar a un mayor grado de complejidad de los organismos, sino la forma como esos genes funcionan y se relacionan entre sí y con el ambiente.

Genómica

El conjunto de moléculas de ADN de una especie, que contiene todos los genes y las secuencias de bases nitrogenadas que no poseen información codificante, constituye el **genoma**.

Dentro de la genética hay una disciplina denominada **genómica**, la cual estudia el origen, la evolución, el contenido, la organización, la localización y la función de los genes que se encuentran en el genoma. Por lo tanto, su objetivo es caracterizar molecularmente los genomas completos de las distintas especies. Para lograrlo, se vale de los estudios de otras disciplinas científicas como la citología, la biología molecular, la bioquímica, la bioinformática y la estadística, entre otras.

Campos de la genómica

La genómica abarca los campos de estudio estructural, funcional y comparativo del genoma de las especies.

- ❖ **Genómica estructural.** Identifica genes nuevos y su localización, elabora datos de la secuencia del genoma y construye mapas genéticos.
- ❖ **Genómica funcional.** Estudia la función biológica de los genes, sus productos y la forma en que son regulados.
- ❖ **Genómica comparativa.** Compara la secuencia de genes y proteínas de distintos genomas para determinar las relaciones funcionales y evolutivas que existen entre ellos.

Aplicaciones de la genómica

Los hallazgos de la genómica han aportado una serie de beneficios a áreas como la medicina, la farmacia y la agricultura.

- ❖ En **medicina y farmacia**, la genómica ha permitido identificar los genes asociados a distintas enfermedades y determinar la predisposición genética que tiene una persona a padecer un trastorno de carácter hereditario. Con estos hallazgos, ha sido posible crear terapias y fármacos para prevenir o tratar esos males.

Además, el conocimiento del genoma de cada individuo ha permitido crear tratamientos y medicamentos personalizados, es decir, específicos para la enfermedad y el paciente.

La genómica ha sido también una herramienta invaluable en la medicina forense, ya que las secuencias de ADN varían de individuo en individuo. De esta manera, se puede utilizar el conocimiento del genoma para resolver crímenes, reconocer a qué especie pertenece alguna muestra de tejido, hacer pruebas de paternidad y determinar quiénes podrían ser donadores o receptores de un trasplante de órganos, entre otras aplicaciones.

- ❖ En la agricultura, los aportes de la genómica han sido innumerables; por ejemplo, ha permitido identificar los genes que ofrecen resistencia a plagas y, a través de la biotecnología, esos genes pueden ser incorporados en las plantas para reducir los daños que producen las plagas en los cultivos y mejorar el rendimiento.



Proteómica

El término **proteoma**, acuñado en 1994 por el científico australiano Marc R. Wilkins (n. 1967), se refiere al conjunto de las proteínas codificadas por un genoma; es decir, todas las proteínas producidas por un organismo. El proteoma es estudiado por la **proteómica**, rama de la genómica que estudia la **estructura y la función de las proteínas**.

Los avances en la bioinformática y en las técnicas de electroforesis, cristalografía de rayos X y espectrometría de masas han beneficiado los estudios sobre el proteoma.

Campos de la proteómica

El genoma es en general constante en todas las células de un organismo; sin embargo, el proteoma varía de célula a célula y cambia constantemente debido a la interacción de los genes con el ambiente. Existen diversas ramas de estudios proteómicos, entre ellos los siguientes:

- ❖ **Proteómica estructural.** Estudia la estructura tridimensional de las proteínas.
- ❖ **Proteómica de interacción.** Investiga las interacciones de las proteínas a nivel molecular y celular.
- ❖ **Proteómica de expresión.** Identifica las proteínas que son expresadas en una célula, tejido u organismo.

Aplicaciones de la proteómica

Aunque la proteómica es un campo relativamente nuevo, ha generado aportes muy útiles, sobre todo en el área de la medicina, entre ellos:

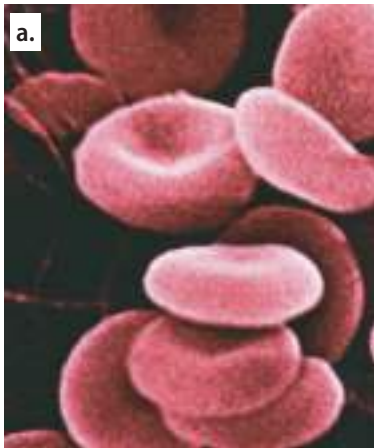
- ❖ **Profundización en el conocimiento de biomarcadores o marcadores biológicos.** Estos son proteínas que pueden identificarse fácilmente en un tejido o fluido corporal y son características de una condición o enfermedad específica. Por ejemplo, una célula cancerosa contiene ciertas proteínas que una célula sana no tiene; entonces, la presencia de esas proteínas en una persona indica que tiene cáncer. Luego, es posible determinar la efectividad de un fármaco o una terapia contra esa enfermedad al evaluar cómo responden ante ellos los biomarcadores.
- ❖ **Contribución al estudio sobre las causas de la degeneración nerviosa,** al producir información valiosa sobre las enzimas y otras proteínas cerebrales involucradas en la función del Sistema Nervioso humano.
- ❖ **Avances en el conocimiento sobre las enfermedades autoinmunes.** Estas son enfermedades en las que el sistema inmune ataca el propio organismo, como en el caso del lupus eritematoso, la esclerosis múltiple y la artritis reumatoide. La proteómica estudia las proteínas extraídas de pacientes con enfermedades de ese tipo con el fin de mejorar la capacidad de diagnosticarlas y de tratarlas.
- ❖ **Incremento en el conocimiento sobre las proteínas como nutrientes.** Estudios proteómicos actuales se dedican a investigar los mecanismos de digestión, absorción y metabolismo de ciertas proteínas. Gracias a ellos, en el futuro será posible determinar los requerimientos individuales de proteínas para resolver problemas asociados con la nutrición en los seres humanos, como la diabetes, la obesidad y las enfermedades cardiovasculares.



Los estudios proteómicos sobre plantas no están tan desarrollados como en el caso de los animales. Se necesita profundizar sobre el tipo de proteínas y su abundancia en los tejidos vegetales, así como sus funciones a nivel celular.

Propongo

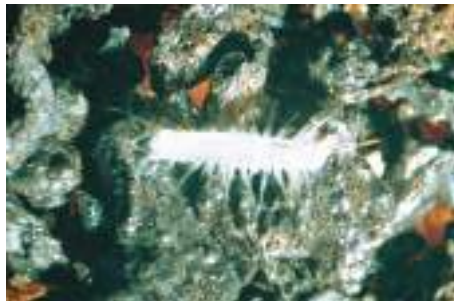
- ❖ Investiga en qué instituciones panameñas se realizan estudios genómicos y proteómicos.
- ❖ Indaga qué investigaciones realizan actualmente en el campo de la salud.
- ❖ Averigua cómo la proteómica puede contribuir al tratamiento de la diabetes.



Glóbulos rojos o eritrocitos.

a. Eritrocitos de un individuo sano.

b. Glóbulos rojos de una persona con anemia drepanocítica en condición heterocigota. Se señala con la letra F un glóbulo rojo falciforme (con forma de hoz).



Gusano albino. El albinismo es la ausencia congénita de pigmentación (melanina) en los ojos, la epidermis o el pelo de algunos animales. Es causado por una mutación en los genes.

Las mutaciones

El material genético generalmente se transcribe sin modificación de generación en generación, lo que permite la transmisión de un mismo carácter de un individuo a otro. Sin embargo, en algunas ocasiones, el material genético puede sufrir modificaciones; estos cambios se denominan mutaciones.

Las **mutaciones** son **cambios aleatorios que se producen en el ADN** de un organismo. Constituyen una **fuentes de variabilidad genética** y un motor para la evolución de las especies.

La mayoría de las mutaciones son **espontáneas**; es decir, se producen **al azar por causas naturales**. También existen **mutaciones inducidas**; estas son provocadas por **factores físicos**, como las radiaciones ionizantes (que causan la formación de iones dentro de las células), o **químicos**, como ciertos fármacos y drogas. A estos factores físicos y químicos se les denomina genéricamente **agentes mutagénicos** o **mutágenos**, es decir que aumentan la tasa de mutación en el ADN.

Existen diferentes criterios para clasificar las mutaciones. Según el **efecto sobre el individuo**, las mutaciones pueden ser perjudiciales, benéficas o neutras.

❖ **Perjudiciales o deletéreas.** Confieren una desventaja para la supervivencia o la reproducción de un individuo. En general estas mutaciones generan errores en la secuencia de aminoácidos; en consecuencia, se producen proteínas que no llevan a cabo su función. Si afectan estructuras elementales pueden llegar a causar la muerte del organismo. Por ejemplo, una mutación que ocasione la pérdida de las alas, o su curvatura, en la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster*, le impedirá a este insecto volar.

❖ **Benéficas o ventajosas.** Aumentan, en ciertos casos, la probabilidad de supervivencia de un individuo en un ambiente dado, y aportan variabilidad a la población. Un ejemplo de mutación que puede resultar ventajosa es la que causa la enfermedad llamada anemia drepanocítica, rasgo de carácter recesivo el cual hace que los glóbulos rojos tengan apariencia de una hoz (falciformes). Los individuos heterocigotos para ese carácter tienen un pequeño porcentaje de células falciformes, pero eso basta para que sean más resistentes al ataque del protista *Plasmodium*, causante de la malaria: las células con forma de hoz dificultan la infección por parte de ese parásito. Sin embargo, en regiones donde no hay malaria, el rasgo es más bien perjudicial, ya que afecta la circulación sanguínea.

❖ **Neutras.** No afectan la supervivencia del individuo ni positiva ni negativamente; por ejemplo, aquellas que afectan regiones del ADN que no codifican proteínas.

Según la **extensión del material genético afectado**, las mutaciones pueden ser génicas o cromosómicas.

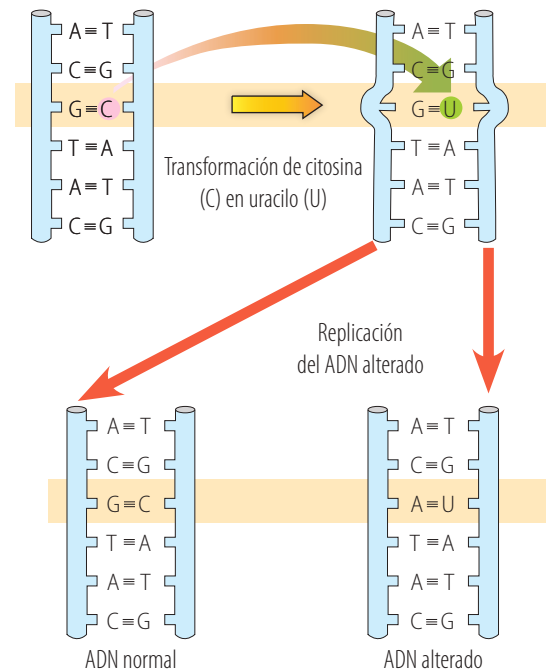


Mutaciones génicas

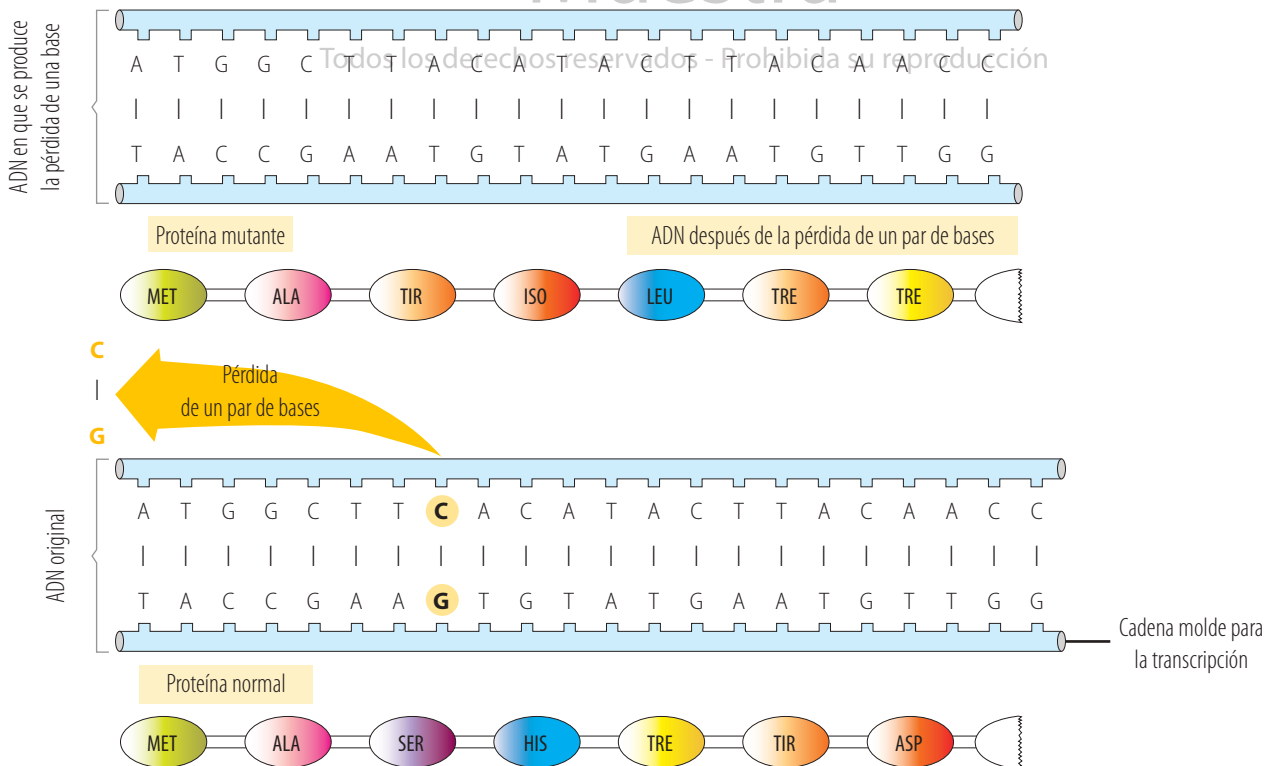
Las mutaciones génicas son alteraciones del código de bases nitrogenadas del ADN que originan nuevas versiones –alelos– de un gen, es decir, provocan **cambios en la secuencia de nucleótidos de un gen determinado**. Pueden ocurrir espontáneamente, como consecuencia de la propia dinámica de las moléculas orgánicas que constituyen el ADN, o ser inducidas por agentes mutagénicos.

Una de las causas de mutación espontánea es la **transformación temporal de una base nitrogenada en otra**, lo que puede causar **errores en la replicación del ADN**. Por ejemplo, la citosina (C) de una cadena de ADN puede sufrir pérdida espontánea de su grupo amino y transformarse en uracilo (U). Si eso sucede en el momento de la replicación, la citosina alterada, que ahora se comporta como uracilo, orienta el emparejamiento de un nucleótido con adenina (A), y no con guanina (G), como debería ser. En consecuencia, una de las moléculas de ADN que se origina en la replicación queda con la secuencia de bases alterada (mutación).

Ciertas mutaciones génicas también ocurren por **pérdida o adición de uno o más pares de nucleótidos en la molécula de ADN**. Esas mutaciones son mucho más drásticas que la sustitución de un único par de bases nitrogenadas, pues, mientras que esta última afecta solo a un aminoácido, la pérdida o adición de un par de nucleótidos altera todos los aminoácidos de la proteína a partir del punto de mutación.



Representación de una mutación génica. La citosina (C) de un ADN puede perder espontáneamente un grupo amino, por lo que se transforma en uracilo (U). Si esa alteración ocurre durante la replicación del ADN, podrá haber una mutación genética.



Mutación génica por la pérdida de un par de bases nitrogenadas.



Clasificación de las mutaciones cromosómicas numéricas

Tipo de mutación		Número de lotes cromosómicos
Euploidías	Monoploidía	1
	Triploidía	3
	Tetraploidía	4
Aneuploidías	Nulisomía	$(2n - 2)$
	Monosomía	$(2n - 1)$
	Trisomía	$(2n + 1)$
	Tetrasomía	$(2n + 2)$

El cuadro muestra la cantidad de lotes cromosómicos en las mutaciones cromosómicas numéricas.

Mutaciones cromosómicas

Cualquier alteración que afecte el **número o la estructura de los cromosomas** de una célula se denomina **mutación cromosómica** o **aberración cromosómica**.

Generalmente, esta clase de mutaciones no origina nuevas versiones de los genes, pero contribuye a la aparición de nuevas combinaciones genéticas.

Aunque menos importantes para la evolución que las mutaciones génicas y la recombinación genética, las mutaciones cromosómicas desempeñan un papel accesorio en el mantenimiento de la diversidad genética de determinadas poblaciones naturales. Estas mutaciones pueden clasificarse en numéricas y estructurales.

Mutaciones cromosómicas numéricas

Las **mutaciones cromosómicas numéricas** son aquellas en que hay alteración en el **número de cromosomas de la célula**. Se dividen en aneuploidías y euploidías.

❖ **Aneuploidías.** Constituyen alteraciones en las que hay **pérdida o aumento de uno o más cromosomas de la célula**. Las aneuploidías surgen por **errores en la distribución de los cromosomas durante las divisiones celulares**, tanto en la mitosis como en la meiosis. Las células resultantes de la división anormal tienen **exceso o falta de cromosomas**.

Estas mutaciones suelen causar trastornos serios a sus portadores. En la especie humana, por ejemplo, se conocen varias enfermedades provocadas por estas mutaciones; las más comunes son el síndrome de Down, causado por la **trisomía** del cromosoma 21 (la persona afectada tiene tres cromosomas 21); el síndrome de Turner, en mujeres caracterizadas por la **monosomía** del cromosoma sexual X (45, X0; es decir, tienen 45 cromosomas porque les falta un cromosoma sexual X), y el síndrome de Klinefelter, que afecta a varones y es causado por un cromosoma sexual X de más (47, XXY).

❖ **Euploidías.** Son alteraciones en las que hay **aumento de lotes cromosómicos (genomas) completos**. Estas mutaciones surgen cuando los cromosomas se duplican y la célula no se divide.

Algunas especies vegetales cultivadas presentan euploidías, como el trigo, con variedades que poseen dos lotes cromosómicos (diploides), cuatro lotes cromosómicos (tetraploides) y seis lotes cromosómicos (hexaploides).

De una manera genérica, cuando el número de lotes cromosómicos (genomas) es mayor que 2, se habla de **poliploidía**.

Se pueden inducir euploidías en plantas cultivadas por medio de fármacos como la colchicina, que bloquea la formación del huso acromático durante las divisiones celulares.

Argumento

- ❖ Comenta qué consecuencias podría haber en un organismo si hay un cromosoma de más.
- ❖ ¿Por qué crees que las mutaciones cromosómicas numéricas producen trastornos más serios en los seres humanos que en las plantas? Justifica tu respuesta.
- ❖ ¿Crees que un ser humano podría sobrevivir si naciera con una euploidía? ¿por qué?



Mutaciones cromosómicas estructurales

Las **mutaciones cromosómicas estructurales** son aquellas en que hay **alteración en la forma o el tamaño de uno o más cromosomas** de la célula. Resultan de **roturas cromosómicas seguidas de pérdida de fragmentos o de nuevas uniones de los fragmentos** en posiciones diferentes a la original.

Las mutaciones estructurales se dividen en:

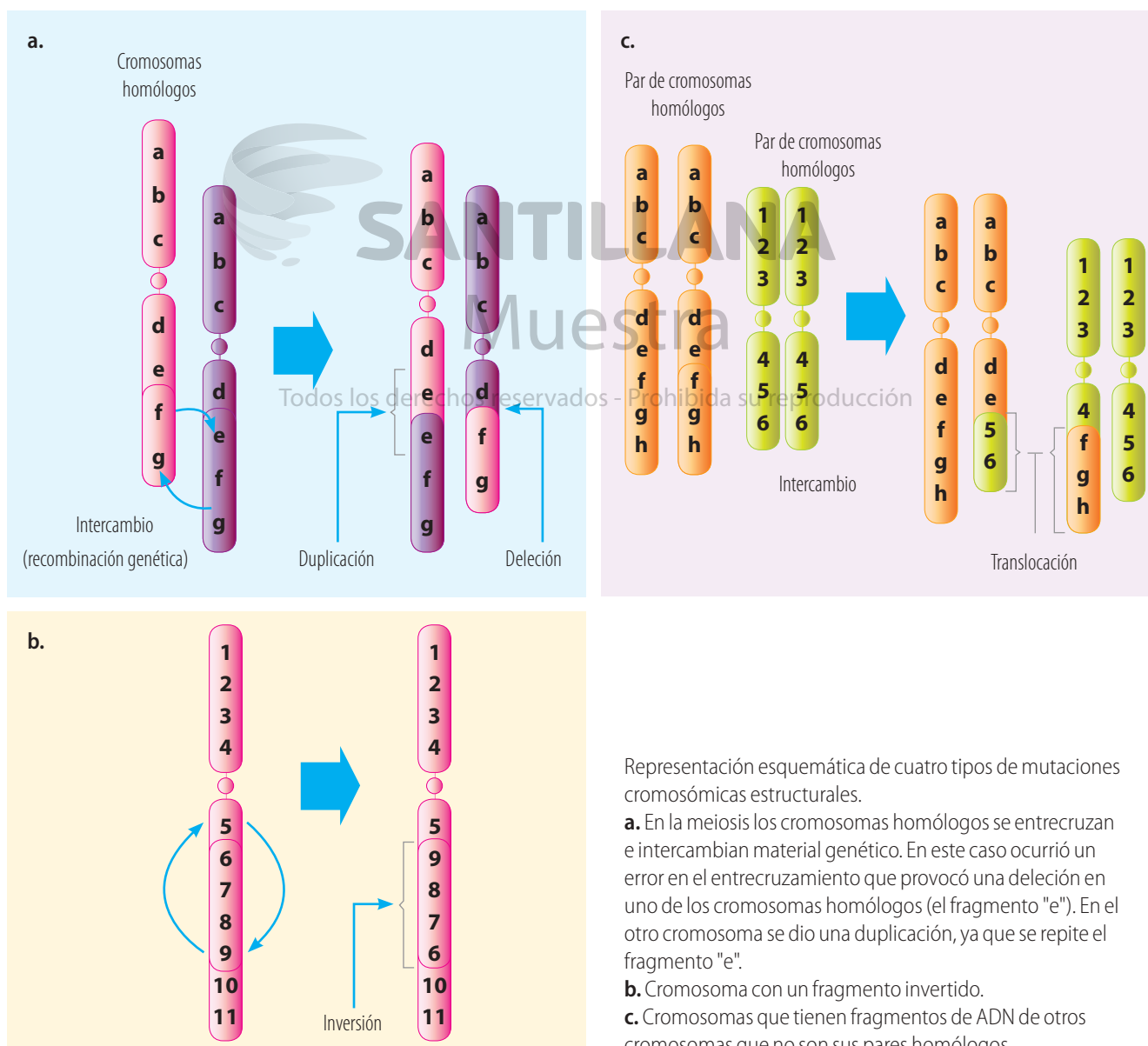
- ❖ **Deleción.** Al cromosoma le falta un fragmento.
- ❖ **Duplicación.** El cromosoma tiene un **segmento repetido**.
- ❖ **Inversión.** El cromosoma muestra un **fragmento invertido**.
- ❖ **Translocación.** Un cromosoma tiene un **segmento procedente de otro cromosoma**.

A continuación se muestran representaciones esquemáticas de las distintas mutaciones cromosómicas estructurales.

Recurso TIC

Visita la siguiente dirección electrónica: http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3250/3392/html/13_mutaciones_genmicas.html

– Realiza los ejercicios propuestos en la página.



Representación esquemática de cuatro tipos de mutaciones cromosómicas estructurales.

a. En la meiosis los cromosomas homólogos se entrecruzan e intercambian material genético. En este caso ocurrió un error en el entrecruzamiento que provocó una deleción en uno de los cromosomas homólogos (el fragmento "e"). En el otro cromosoma se dio una duplicación, ya que se repite el fragmento "e".

b. Cromosoma con un fragmento invertido.

c. Cromosomas que tienen fragmentos de ADN de otros cromosomas que no son sus pares homólogos.



INTERPRETO

- 1** La siguiente sopa de letras contiene conceptos referentes a los ácidos nucleicos y su estudio. Busca las palabras con la ayuda de las pistas que se proporcionan abajo.

L	C	A	C	A	G	I	K	L	N	Q	R	T	U	L
P	R	O	T	I	I	R	A	L	O	K	P	O	P	O
A	M	F	O	C	U	M	I	N	N	M	R	S	R	O
A	P	O	P	N	E	S	I	B	N	E	M	E	L	O
M	R	S	R	E	M	I	G	A	O	M	J	S	A	X
O	E	F	O	R	I	R	B	A	A	A	T	R	L	A
E	S	O	A	E	P	O	S	A	S	I	U	O	A	M
T	I	D	I	F	I	G	E	N	O	M	A	M	M	O
O	B	I	O	S	E	E	E	I	A	R	T	W	O	S
R	I	E	F	N	N	M	U	R	U	R	U	A	S	O
P	L	S	I	A	C	I	E	L	E	M	T	E	O	B
J	I	T	J	R	L	P	E	O	R	J	A	C	B	I
V	D	E	I	T	M	I	B	I	L	I	D	A	I	R
G	A	R	A	E	A	C	I	M	O	N	E	G	R	E
R	D	R	T	D	T	X	R	E	A	C	C	I	O	N
P	R	O	P	R	O	T	E	O	M	I	C	A	I	O

- Campo de la genética que estudia el origen, la evolución, el contenido, la organización, la localización y la función de los genes que se encuentran en el genoma.
- Tipo de ARN que posee tripletas de nucleótidos denominadas anticodones.
- Conjunto de todas las proteínas que conforman un ser vivo.
- Rama de la genética que estudia la estructura y la función de las proteínas.
- ARN que forma la estructura donde ocurre la formación de enlaces peptídicos entre aminoácidos durante la síntesis proteica.
- Nombre del enlace que une los nucleótidos de los ácidos nucleicos.
- ARN que se encarga de copiar la información del ADN nuclear para la síntesis de proteínas.
- Conjunto de moléculas de ADN que contiene todos los genes de una especie.

- 2** Explica las diferencias entre los siguientes pares de conceptos:

- Ribosa y desoxirribosa.
- ADN polimerasa y ARN polimerasa.
- Transcripción y traducción.
- Mutación génica y mutación cromosómica.

- 3** La doble hélice, como modelo de la estructura tridimensional del ADN, fue propuesta por Watson y Crick en 1953. Con respecto a esta estructura, marca con un ✓ las afirmaciones que son correctas. Además, justifica, de forma verbal, por qué las otras no son correctas.



Las dos cadenas de ADN son paralelas entre sí.



El ADN está formado por una doble cadena de polinucleótidos que se enrolla para formar una doble hélice.

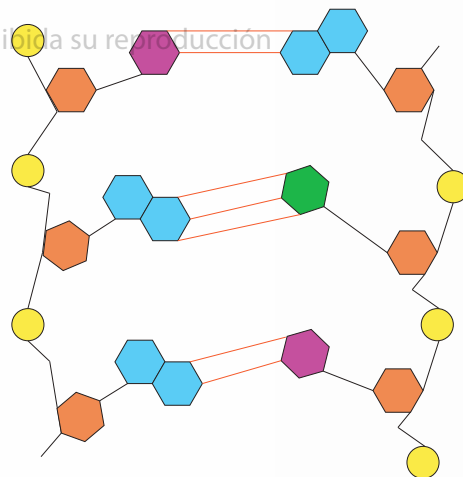


La secuencia de nucleótidos de una hebra de ADN es idéntica a la secuencia de nucleótidos de la hebra complementaria.



La adenina se une a la timina mediante dos enlaces de hidrógeno; la guanina está unida a la citosina con tres puentes de hidrógeno.

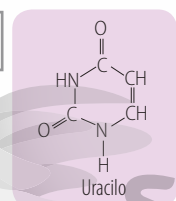
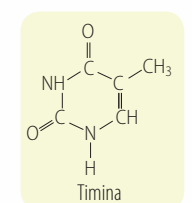
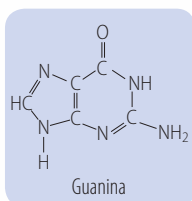
- 4** Responde las preguntas de abajo con base en la siguiente ilustración:



- ¿Qué ácido nucleico representa?
- ¿Cuál es su importancia biológica?
- ¿En qué estructuras de las células eucariotas se puede encontrar este ácido nucleico?
- ¿Cómo se llaman las moléculas más sencillas que, unidas, conforman esta macromolécula?
- ¿Cómo están constituidas esas subunidades?



5 Observa las siguientes imágenes de moléculas que forman parte de los ácidos nucleicos. Luego realiza las actividades a continuación.



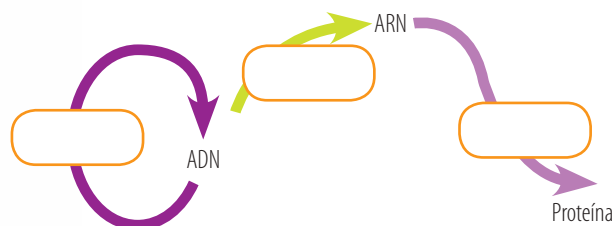
- a) Explica de qué moléculas se trata.
- b) Escribe, en los recuadros, una **D** si la molécula es exclusiva del ADN; una **R**, si solo está en el ARN, y una **A**, si forma parte de ambos.
- c) Menciona cuáles de esas moléculas son purinas, y cuáles, pirimidinas. ¿Qué diferencia existe en su estructura?

6 Una investigadora ha analizado unas muestras de sustancias extraídas y purificadas de un organismo. En el siguiente cuadro se incluye la información sobre esos compuestos. Realiza las actividades a continuación.

Sustancia	Monómero	Ribosa	Desoxirribosa
A	Nucleótido	Presente	Ausente
B	Aminoácido	Ausente	Ausente
C	Nucleótido	Ausente	Presente

- a) Cita el nombre de las moléculas A, B y C que la investigadora extrajo del organismo.
- b) Menciona cómo llegaste a esa conclusión.
- c) Explica de qué otra manera podrías diferenciar esos compuestos orgánicos.

7 Anota, en el esquema, el nombre del proceso mediante el cual se forma cada molécula.



8 Analiza la siguiente secuencia de nucleótidos de un fragmento de ADN:

AGGTCAGTAGC

TCCAGTCATCG

- a) Escribe las dos moléculas complementarias de ADN resultantes del proceso de replicación de ese fragmento de ADN.
- b) Cita el nombre de las enzimas que intervienen, respectivamente, en la separación de las dos cadenas de ADN, en la duplicación y en la adición de los nucleótidos complementarios.

9 Completa el siguiente cuadro. Para ello, escribe el nombre del aminoácido que es codificado por cada codón. Utiliza la información de la página 14 de este libro.

Codón	Aminoácido
AUG	
UCC	
UAG	
GGA	
GCU	
AAA	
UGG	
UAA	

10 Define, con tus propias palabras, qué es el código genético.

11 Explica qué diferencia hay entre un codón de iniciación y uno de terminación.

12 Justifica por qué se dice que el código genético es degenerado.

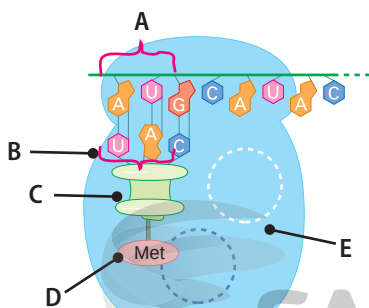


13 Observa la siguiente imagen de una cadena de ácido desoxirribonucleico:

TAC CGC ATG AAG GAC ACG AAT CGT

- Escribe, en tu cuaderno, la molécula de ARN que se forma a partir de esta cadena de ADN.
- Señala, en la cadena de ARN transcrita, cuál es el codón que da inicio a la síntesis proteica.
- Describe cómo ocurre la terminación del proceso de traducción.

14 La siguiente imagen corresponde a un evento del proceso de traducción:



- Menciona, respectivamente, el nombre de las moléculas señaladas con las letras A, B, C y D.
- Cita el nombre de la estructura con la letra E.
- Describe cómo ocurre la terminación del proceso de traducción.

15 Analiza la siguiente información y, con base en ella, realiza las actividades 16 y 17.

El porcentaje de G y C tiene una relación directa con la densidad del ADN; en otras palabras, cuanto mayor sea el contenido de estas bases nitrogenadas en el ADN, este tendrá mayor densidad. Al realizar un análisis de la composición de estas bases en cuatro organismos y un virus, se obtuvieron los siguientes datos:

	Porcentaje de G-C
Virus del herpes simple	72
<i>Bacillus subtilis</i>	44
<i>Haemophilus influenzae</i>	39
<i>Escherichia coli</i>	51
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	39

16 Menciona cuál es el ADN que tiene mayor densidad. Justifica tu respuesta.

17 Nombra los microorganismos que tienen ADN con igual densidad.

18 Identifica el tipo de mutación al que hace referencia cada uno de los siguientes ejemplos. Para ello, pinta el círculo de rojo si la mutación es génica; de verde, si es cromosómica numérica, y de azul si se trata de una mutación cromosómica estructural.

El síndrome de Edwards se da por una trisomía en el cromosoma 18. Las personas que lo padecen muestran retraso en el desarrollo, hipertensión, orejas deformadas y retraso mental.

El síndrome del maullido de gato, o síndrome de *cri du chat*, es ocasionado por la pérdida de un fragmento del brazo del cromosoma 5. Los niños nacen con bajo peso; además, los recién nacidos se caracterizan por un llanto prolongado y agudo, parecido a un maullido.

La fibrosis quística es causada por alteraciones en un gen denominado CTFR. Este gen codifica una proteína cuya deficiencia altera los componentes del moco, los fluidos digestivos y el sudor. La enfermedad se caracteriza principalmente por la producción de secreciones mucosas muy espesas que causan obstrucción en los bronquios.

El síndrome XYY ocurre en los varones que tienen un cromosoma Y de más (47, XYY). Aunque los hombres que tienen esta condición muestran un fenotipo normal, por lo general crecen con mayor rapidez y alcanzan una estatura mayor al promedio.

La corea de Huntington, enfermedad neurodegenerativa, se debe a un mayor número de tripletes CAG en el gen HTT. Esto produce residuos del aminoácido glutamina en la proteína codificada por ese gen.



ARGUMENTO

- 19** La anemia falciforme es una enfermedad que se debe a una mutación en la secuencia de ADN que tiene la información para la síntesis de la hemoglobina. Esto provoca la formación de hemoglobina anormal que, a su vez, deriva en la formación de glóbulos rojos deformes. Observa las siguientes dos secuencias de ADN que pertenecen al gen que contiene la información para fabricar una de las cadenas de la hemoglobina. Una de las secuencias pertenece a una persona sana; la otra, a una persona que padece la enfermedad.

Secuencia normal
 CAC CTG ACT CCT GAG GAG AAG
 TCT GCC GTT ACT

Secuencia mutada
 CAC CTG ACT CCT GTG GAG AAG
 TCT GCC GTT ACT

- Escribe las cadenas de ARNm complementarias que fabrican las células a partir de esos fragmentos a la hebra anterior de ADN, según la regla de apareamiento de bases. ¿En qué se diferencian?
- Anota la secuencia de aminoácidos que se forma en cada caso. Explica en qué se diferencian ambas secuencias.
- ¿Consideras que es posible curar esta enfermedad con medicamentos? Sustenta tu respuesta con dos razones.

- 20** Analiza la siguiente información. Luego realiza las actividades a continuación.

Una persona realizó un experimento para sintetizar, en un tubo de ensayo, una proteína bajo condiciones similares a las que se producen en las células. Para ello, usó ribosomas de células de ratón, ARNm de células de mono, ARNt de células de conejo y aminoácidos activos de células de sapo.

- ¿A cuál de los animales mencionados será idéntica la secuencia de aminoácidos de la proteína producida? Justifica tu respuesta.
- 21** Redacta, en tu cuaderno, una composición de media página sobre el papel de la genómica y la proteómica en la prevención de enfermedades.

- 22** Imagina que varios científicos localizan un organismo extraterrestre en un planeta lejano, fuera del Sistema Solar. Al analizar su material genético, encuentran que posee las mismas bases nitrogenadas que los organismos terrestres; sin embargo, sus proteínas contienen hasta 64 aminoácidos distintos. Formula, con tus compañeros, algunas hipótesis sobre las diferencias que podría haber entre el código genético del ser extraterrestre y el nuestro, y las formas en que se llevan a cabo la transcripción y la traducción.



PROPONGO

- 23** Lee la siguiente información y, con base en ella, realiza las actividades a continuación.

Down Panamá es una asociación gubernamental que tiene como propósito dignificar la vida de las personas con síndrome de Down o trisomía 21. Para lograrlo, promueve el respeto y la inclusión de estas personas en todos los ámbitos de la sociedad (familiar, escolar, recreativo y laboral), a través de campañas que brindan información acerca de esta condición, así como del valor y potencial que tienen estos seres humanos.

- Realiza una investigación sobre el síndrome de Down. Incluye aspectos como los rasgos fenotípicos comunes de las personas con este síndrome y las hipótesis sobre las posibles causas de esta condición.
- Consulta, en Internet, cuál es la misión, la visión y cuáles son los objetivos generales con los que trabaja Down Panamá.
- Elabora un panfleto para dar a conocer la labor de la asociación. Repártelo en tu colegio o en otros sitios de tu comunidad.
- Organiza, con tus compañeros, una mesa redonda para discutir qué podrían hacer como estudiantes para ayudar a este tipo de fundaciones que apoyan a personas en condición de discapacidad. Elaboren un resumen de las propuestas que surjan de la actividad y pónganse de acuerdo para llevarlas a cabo.



Tema 2. Biotecnología e ingeniería genética

Indicadores de logro

1. Define el concepto de biotecnología.
2. Explica los aportes de la biotecnología a la sociedad.
3. Reconoce el aporte de la ingeniería genética en el desarrollo biotecnológico de la actualidad.
4. Enlista algunos organismos transgénicos, así como las ventajas y las desventajas de su producción.
5. Identifica algunos microorganismos y líneas celulares empleados en la técnica de ADN recombinante y en bioprocesos.
6. Explica los fundamentos de la técnica del ADN recombinante y su utilidad para la ingeniería genética.
7. Expresa su postura ante conflictos bioéticos que surjan de la aplicación de técnicas biotecnológicas.



El Protocolo de Cartagena (1999) regula los organismos vivos modificados, producto de la biotecnología moderna.

Biotecnología y sus aportes a la sociedad

Sin lugar a dudas, la vida del ser humano no es la misma de hace muchos años. Gracias a los enormes progresos de la biotecnología, se curan algunas enfermedades, se obtienen plantas y animales con características de interés y se fabrican ejemplares idénticos al progenitor, entre otras aplicaciones de beneficio para la sociedad.

La **biotecnología** es la utilización de seres vivos, o de partes o derivados de ellos, con el fin de obtener productos o aplicaciones de interés para las personas.

Algunas aplicaciones de la biotecnología son:

- Elaboración de alimentos y bebidas.
- Mejoramiento de plantas y animales domésticos.
- Tratamiento de enfermedades.
- Control de la contaminación ambiental.
- Producción de formas de energía no contaminante.

Aunque el término *biotecnología* fue empleado por primera vez en 1919 por el ingeniero agrícola húngaro Karl Ereky (1878-1952), no es algo nuevo. Desde la Prehistoria se utiliza la biotecnología. Actualmente, la biotecnología emplea técnicas de punta gracias a los avances logrados en la biología molecular y la ingeniería genética. Los modos de aplicación de las técnicas de la biotecnología se relacionan con dos etapas históricas de su desarrollo como disciplina: la biotecnología clásica y la biotecnología moderna.

Biotecnología clásica o tradicional

La **biotecnología clásica** busca la manera de mejorar el rendimiento de los procesos a través de la selección de organismos y de la escogencia de ciertos medios de producción. Su historia se origina antes del año 6000 a.C., cuando se comenzaron a utilizar levaduras del género *Saccharomyces* en la elaboración de vino, cerveza y pan.

En algún momento de la historia, el ser humano eligió determinadas especies de animales que le eran particularmente útiles como alimento y comenzó a criarlas en cautiverio. Esos primeros intentos constituyeron el inicio de la ganadería, que más tarde se perfeccionó hasta llegar a nuestros días. En los actuales animales domésticos, se observa que su variación es mayor que la existente entre organismos de la misma especie en estado silvestre.

Las variaciones en las frutas, las hortalizas y los cereales cultivados son tan notables como las de los animales domésticos. Al observar esos hechos, se concluyó que la acción del ser humano desempeña un papel fundamental en la variabilidad de las especies domésticas. El ser humano selecciona los individuos portadores de cualidades de provecho para él. Los elige si sus características de interés se transmiten a su descendencia. Esa escogencia se denomina **selección artificial**.

Biotecnología moderna

La biotecnología moderna trabaja en estrecha relación con las técnicas de la biología molecular y la ingeniería genética, disciplina que se basa en la manipulación del material genético. La biotecnología moderna transfiere genes de un organismo a otro, con el objetivo de mejorar su rendimiento o de obtener ciertos productos.



Ingeniería genética

Las técnicas de la ingeniería genética se basan en el **ADN recombinante**, formado por **moléculas de ADN que provienen de dos o más organismos o virus diferentes**. En general, todos esos procedimientos poseen un denominador común: en ellos se manipula el material genético de dos o más individuos de especies diferentes.

La **ingeniería genética** consiste en la manipulación directa del material genético de un organismo o de un virus.

Para realizar la manipulación de los genes son necesarias varias herramientas, entre ellas las que se mencionan a continuación:

- **Enzimas de restricción.** Son proteínas presentes en bacterias y arqueobacterias capaces de segmentar el ADN en puntos específicos, es decir, actúan como tijeras moleculares. Son capaces de reconocer secuencias específicas de bases nitrogenadas y fragmentar el genoma en esas zonas. Una de las utilidades de estas enzimas es que localizan secuencias genéticas responsables de características de interés. Por medio de estas enzimas, se obtienen fragmentos de ADN con los genes deseados.

- **Vector de transferencia.** Es una molécula de ADN que actúa como vehículo molecular; transfiere el segmento de ADN con el gen seleccionado hasta la célula o el ser vivo en el que se desea desarrollar determinada característica.

En general, los vectores de transferencia más utilizados son **chromosomas artificiales, virus y plásmidos**, pequeñas moléculas circulares de ADN que se encuentran en bacterias. En un plásmido, por ejemplo, se puede introducir el gen que controla la producción de la insulina humana.

- **ADN ligasas.** Son enzimas encargadas de unir fragmentos de ADN.

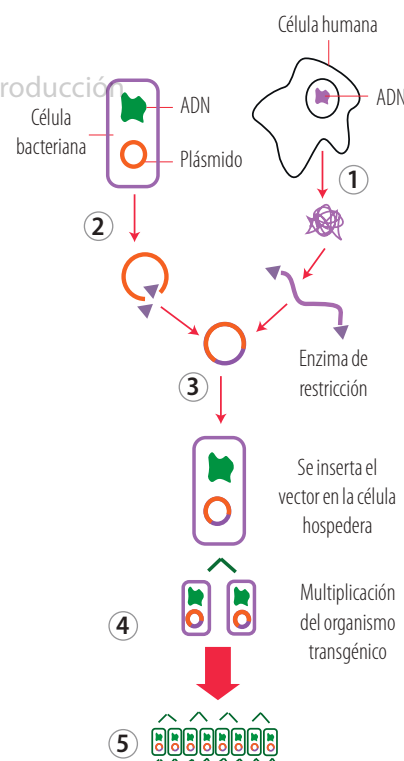
¿Cómo se lleva a cabo un proyecto de ingeniería genética?

Un proyecto de ingeniería genética por lo general se desarrolla en las etapas mencionadas a continuación.

1. **Localización y aislamiento del gen que se desea transferir.** Para ello, se utilizan las enzimas de restricción, que cortan el ADN en pequeños segmentos, entre los que se encuentra el gen de interés que se quiere transferir.
2. **Selección del vector.** Su elección dependerá de las características y del tamaño del ADN elegido. Se corta con las mismas enzimas de restricción con las que se segmentó el ADN que se va a transferir.
3. **Unión del ADN seleccionado al ADN del vector.** Por medio de las ADN ligasas, se une el fragmento de ADN aislado al ADN del vector; se origina, así, una molécula de ADN recombinante.
4. **Inserción del vector con el gen transferido en una célula hospedera.** El ADN recombinante se introduce en una célula hospedera.
5. **Multiplificación de la célula genéticamente modificada.** La célula hospedera se divide para originar copias que portan el gen de interés.

Propongo

- Investiga cuáles son algunos productos alimenticios hechos con biotecnología en Panamá.
- Haz una lista de esos productos. Anota, al lado de cada uno, si fueron elaborados con biotecnología tradicional o moderna.



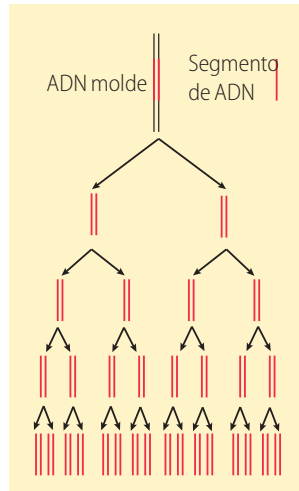
Etapas de un proyecto de ingeniería genética.

Técnicas de la ingeniería genética

Para la manipulación de los genes, los ingenieros genéticos se valen de diversas técnicas de trabajo; algunas de ellas se mencionan a continuación.

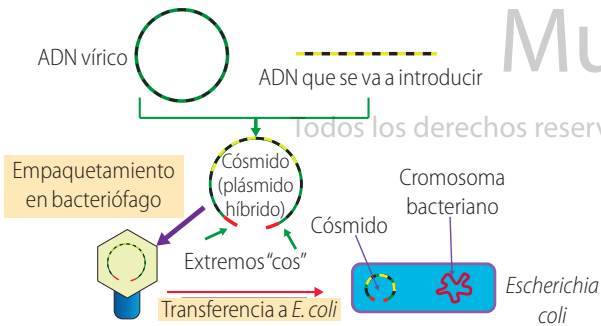
Reacción en cadena de la polimerasa (PCR)

La **reacción en cadena de la polimerasa** permite obtener muchísimas copias de un fragmento particular de ADN en poco tiempo. Solo es necesario conocer una parte de la secuencia que se desea amplificar. La sensibilidad del método es tal que una pequeña cantidad de ADN, como la contenida en una gota de sangre o de espermatozoides o en la raíz de un cabello, basta para realizar el análisis.



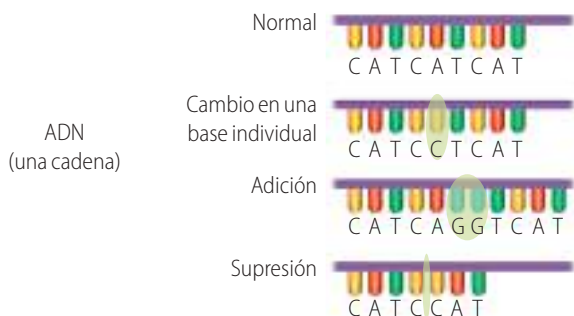
Clonación molecular

La **clonación molecular** consiste en insertar ADN recombinante en un vector de clonación (como un cósmido o un virus); el vector se transfiere luego a un organismo hospedero, donde se reproduce. De esta manera, se replica el ADN recombinante.



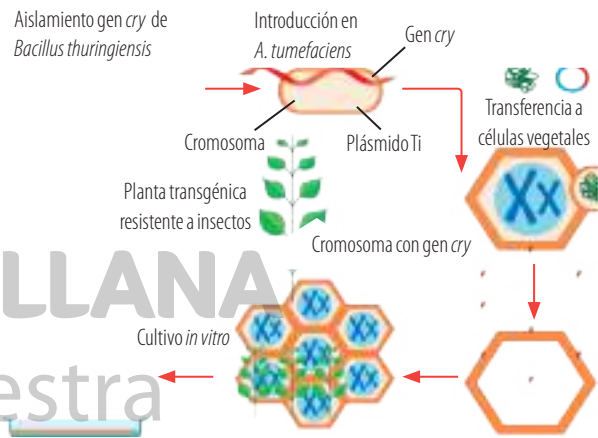
Mutagénesis por inserción

Esta técnica consiste en insertar, al azar, bases en un gen con el fin de provocar mutaciones en el material genético. Las inserciones alteran la expresión de ese gen y permiten estudiar los cambios resultantes en el fenotipo.



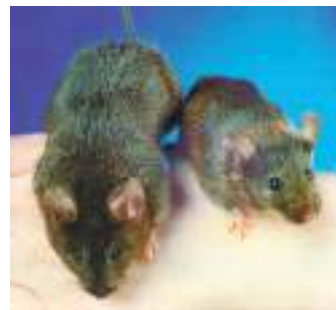
Transgénesis

En la **transgénesis** se introducen genes exógenos (que no forman parte del organismo) en un ser vivo, mediante vectores como los **plásmidos**. Cada gen insertado se conoce como **transgén**. El ser con el transgén se denomina **organismo transgénico** o **genéticamente modificado**. La nueva característica adquirida se transmitirá a la descendencia. En la actualidad se producen **organismos transgénicos** resistentes a ciertas enfermedades y plagas; se fabrican productos alimentarios con tiempos de conservación más amplios, y se obtienen con mayor facilidad sustancias como vitaminas y antibióticos.



Bloqueo de genes o inactivación génica

El **bloqueo de genes** consiste en desactivar un gen de un organismo; en consecuencia, ese gen no se expresa. Esta técnica se utiliza para la **identificación de genes**. Así, por ejemplo, cuando se estudian genes responsables de ciertas enfermedades, se trabaja la inactivación génica en organismos como los ratones. Si el gen sospechoso de una enfermedad no se expresa y el ratón no se enferma, se concluye que, efectivamente, este es el gen responsable. Al ratón de la izquierda se le suprimió completamente el gen que codifica para la leptina, una hormona relacionada con el almacenamiento de grasas en los adipocitos; a la derecha se muestra un ratón con el gen normal.



Tendencias actuales de la agrobiotecnología

La **agrobiotecnología** es la aplicación de la biotecnología al mejoramiento de los cultivos, dirigida a seleccionar características deseables en plantas de interés para el ser humano. Con este fin se recurre a técnicas como la propagación mediante cultivo de tejidos *in vitro* o la modificación genética de plantas.

Propagación de plantas mediante cultivo de tejidos

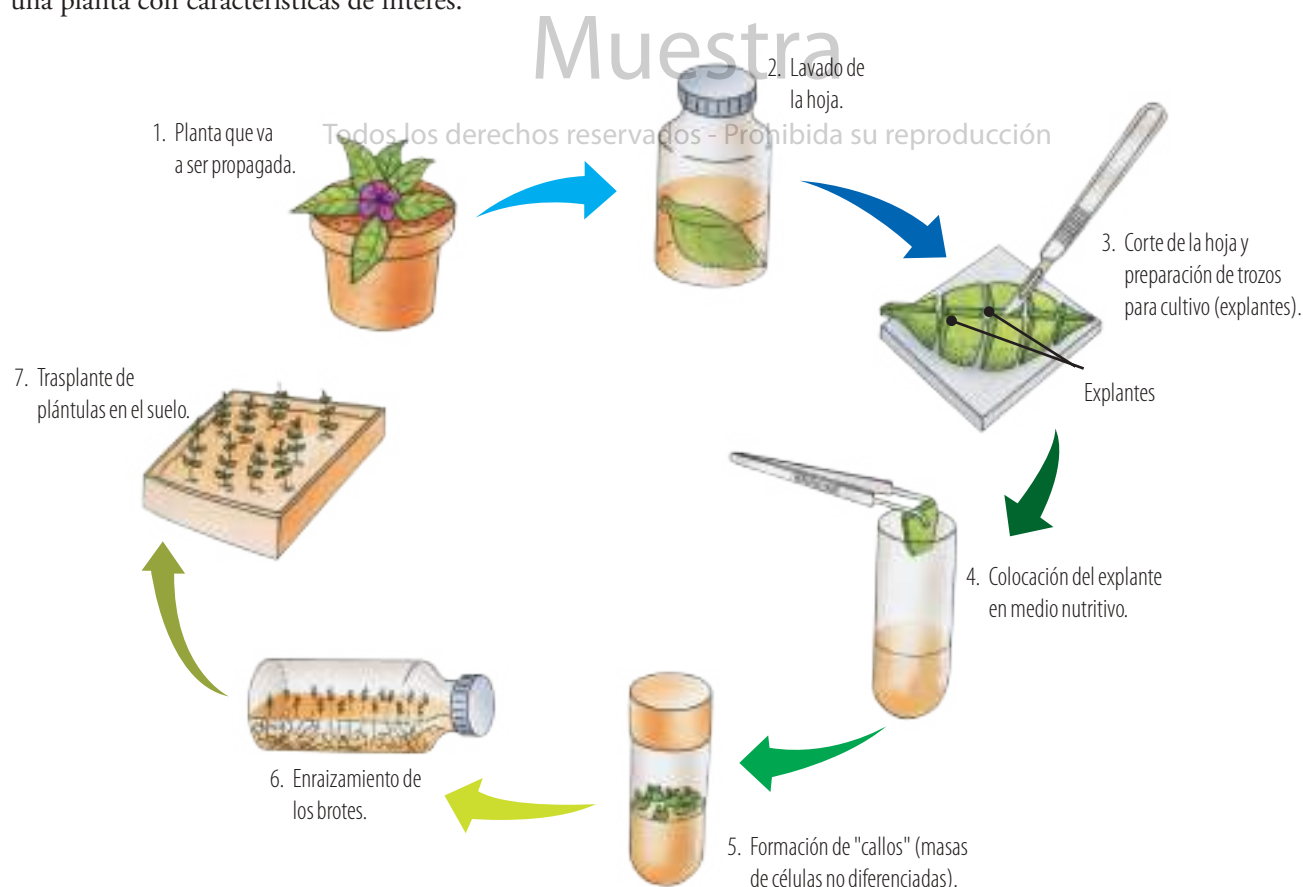
En la actualidad se desarrollan técnicas de propagación eficaces, con las que se obtiene gran cantidad de ejemplares a partir de un número reducido de especies iniciales. Una de esas técnicas es el **cultivo *in vitro***.

El cultivo de tejidos vegetales *in vitro* consiste en retirar una porción de tejido vivo o un órgano de una planta (explanse) y cultivarla en un medio nutritivo artificial, bajo condiciones estériles, es decir, libres de microorganismos. En esas condiciones, ciertas células vegetales recuperan la capacidad de dividirse y pueden originar una planta completa; es en este momento que se obtienen copias genéticamente idénticas a la planta madre o **clones**. A cada individuo por separado se le administran hormonas para que desarrollen raíces. El posterior período de aclimatación permitirá a las nuevas plantas estar listas para el trasplante. Las plantas completas se trasladan después a invernaderos o al campo, donde continúan su ciclo de crecimiento.

Esta técnica se emplea en nuestro país en la producción a gran escala de plantas ornamentales como las orquídeas. Su principal ventaja reside en que, a partir del cultivo de células de una única planta, se pueden producir millares de plantas idénticas. El siguiente esquema resume cómo se realiza el cultivo *in vitro* para propagar asexualmente una planta con características de interés.



Varios productores de la comarca Ngäbe Buglé han aprendido a propagar *in vitro* vegetales como plátano, yuca, ñame, dashin, camote y plantas medicinales.





Interpreto

- ¿Qué beneficios ofrece la agrobiotecnología para el ser humano?
- ¿Cuál es la diferencia entre una planta clonada y una planta transgénica?

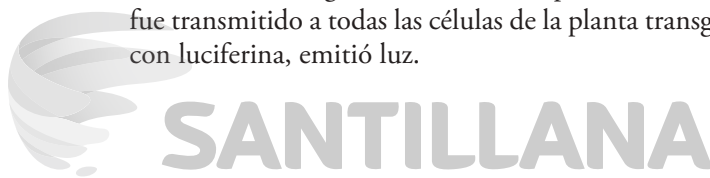
Modificación genética de plantas

Utilizando técnicas de ingeniería genética se puede identificar, aislar e insertar y transferir un gen de interés de un organismo a otro. En plantas es posible insertar genes que les confieran **resistencia a plagas** como virus, hongos o insectos; **tolerancia** a condiciones climatológicas severas; incremento en su **valor nutritivo**, o la capacidad de crecer bajo el riego con agua salada.

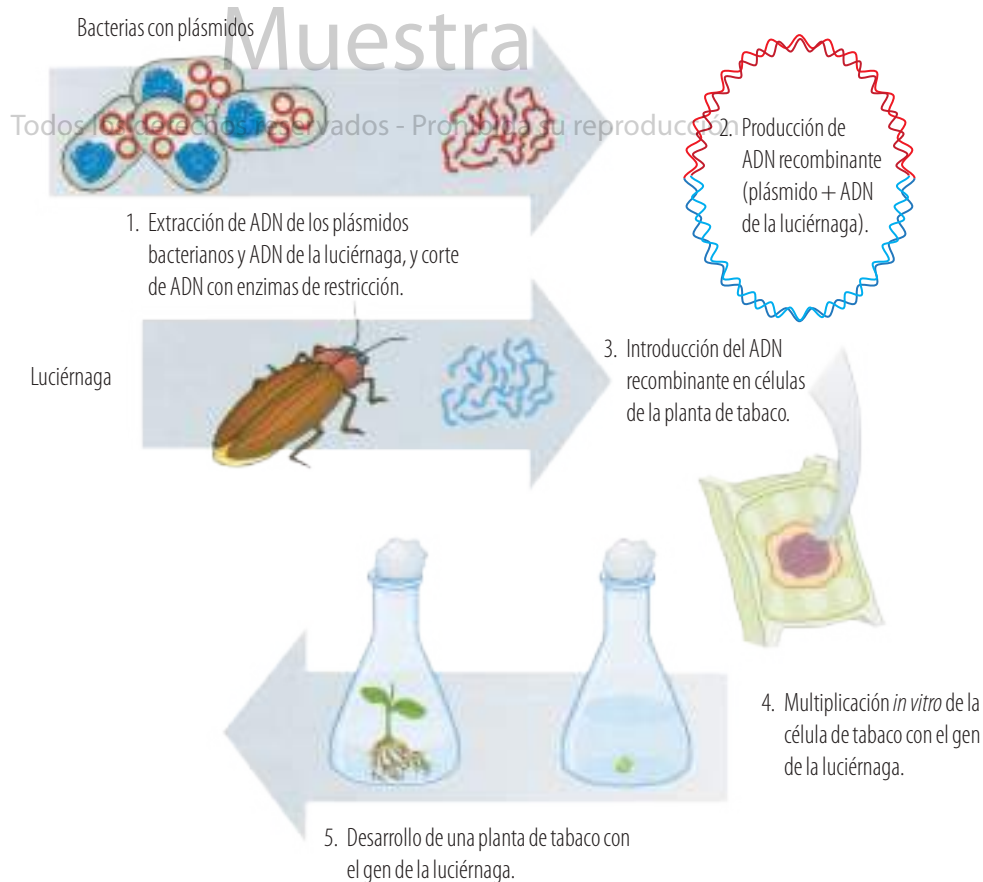
Todos los estudios en curso conducen hacia la producción de **plantas transgénicas** o genéticamente modificadas que proporcionen a los agricultores un rendimiento excelente, y que permitan el desarrollo de la agricultura en zonas que actualmente son inadecuadas debido al suelo y las condiciones del clima.

Un ejemplo ilustrativo de producción de una planta transgénica fue un experimento en el que se introdujo el gen de la enzima luciferasa de la luciérnaga en una planta de tabaco. Esa enzima cataliza la degradación de la luciferina, una reacción química que libera energía en forma de luz (bioluminiscencia).

El gen fue clonado en un plásmido, luego se multiplicó en bacterias y, después de purificado, fue inyectado en una célula de tabaco. Por medio de la técnica de cultivo de tejidos vegetales, se produjo una planta entera a partir de esa única célula transformada. El gen clonado se incorporó a uno de los cromosomas de la célula y fue transmitido a todas las células de la planta transgénica. Cuando esta fue regada con luciferina, emitió luz.



Planta transgénica en la cual está activo el gen de la luciferasa.





Biotecnología animal

La biotecnología se emplea con frecuencia en la ganadería, principalmente para el **mejoramiento animal**. Actualmente, la mayoría de los ganaderos continúa seleccionando artificialmente los caracteres de los animales para realizar **cruces**.

La producción de una nueva raza de ganado vacuno, conocida como ganado Santa Gertrudis, es un ejemplo de cómo pueden desarrollarse nuevas variedades de animales combinando características de diferentes razas.

Con el objetivo de obtener un ganado resistente, adaptado a las condiciones climatológicas del sur de Estados Unidos, los criadores iniciaron en 1910 los primeros cruces experimentales entre ejemplares de raza europea Shorthorn y ejemplares cebuinos de la raza Brahman, originaria de la India. La primera es una excelente productora de carne, pero es sensible al calor y a las enfermedades transmitidas por insectos y garrapatas. La segunda, a su vez, resiste bien los parásitos y el calor, pero produce relativamente menos carne.

Tras 10 años de intentos, realizando cruces y seleccionando las características deseadas, se obtuvo una variedad homogénea con constitución genética correspondiente a $\frac{3}{8}$ de Brahman y $\frac{5}{8}$ de Shorthorn. La nueva raza, denominada Santa Gertrudis, es una excelente productora de carne, tiene buena resistencia a las enfermedades infecciosas y también gran tolerancia al calor, por lo que puede vivir en regiones en las cuales el ganado Shorthorn no sobreviviría bien.

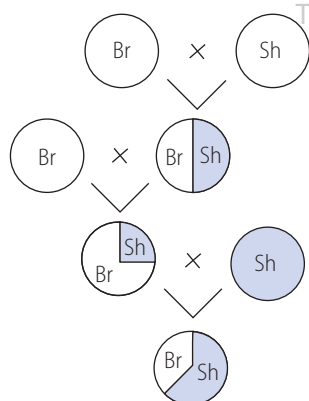
A continuación se muestran un esquema de los cruces para la formación de la raza Santa Gertrudis y fotografías de las tres razas mencionadas.



Las razas de perros, como este *Bobtail* o antiguo perro pastor inglés, se mantienen por cruces entre individuos de la misma raza estrictamente seleccionados.

Raza Santa Gertrudis

Todos los derechos reservados - Prohibida su reproducción



Raza Shorthorn



Raza Brahman

Recurso TIC

Visita la siguiente dirección electrónica: <https://vimeo.com/75340613>

– Elabora un esquema conceptual para resumir los principales puntos tratados en el video.



Recombinación extrema

En 1999 varios científicos de la Universidad Nacional de Singapur decidieron crear un pez capaz de brillar en presencia de ciertas toxinas en el ambiente, de manera que pudiera detectar contaminantes. Para ello extrajeron, de una medusa, un gen con el código para producir una proteína verde fluorescente. Esta fue insertada en un embrión de pez cebra. Se formó así un pez transgénico que brillaba bajo la luz natural y la luz ultravioleta. Luego desarrollaron otras líneas de peces similares.

Posteriormente, los científicos se aliaron con una compañía tecnológica estadounidense para comercializar estos peces genéticamente modificados, bajo la marca GloFish, los cuales fueron de los primeros animales transgénicos disponibles al público.

Inseminación artificial

Los ganaderos con frecuencia emplean la **inseminación artificial** para incrementar la posibilidad de obtener crías con las características del progenitor. En este proceso se recolecta y se conserva el espermatozoide de un macho. En el momento en que se requiera, el semen se introduce, con una pipeta de inseminación, en el sistema reproductor de una hembra.

Fertilización in vitro

La fecundación o fertilización *in vitro* es una técnica empleada para tratar la infertilidad y también aumentar el número de crías. La fecundación se realiza fuera del cuerpo de la madre: se utiliza un sistema de aspirado para obtener el ovocito de una hembra. Este se coloca por un día en un medio especial para que madure. Posteriormente se coloca en un medio líquido, junto con el semen de un macho, para que ocurra la fecundación.

Los embriones que se obtienen por este medio se colocan en una incubadora por varios días. Si son viables, se transfieren al sistema reproductor de una hembra.

Animales transgénicos

Al igual que con las plantas, es posible modificar genéticamente las características de los animales para lograr mayor crecimiento, resistencia a condiciones ambientales adversas u obtener individuos que suministren sustancias útiles, como hormonas. Los animales transgénicos se producen al inyectar directamente ADN de un individuo en los óvulos de un organismo de la misma u otra especie.

Si, por ejemplo, la especie en cuestión es un mamífero, como el ratón, se realiza la fecundación *in vitro* y, posteriormente, se implanta el embrión en el útero de una hembra en periodo fértil. Para realizar la fecundación *in vitro* se retiran los óvulos de las hembras, se colocan en un líquido apropiado y se añaden espermatozoides. El proceso de fecundación se observa al microscopio y, en el momento en el que ocurre, el segmento de ADN que se desea incorporar se inyecta en la célula huevo. La microinyección se realiza mediante un aparato de micromanipulación y el ADN contenido en una finísima aguja se inyecta directamente en el núcleo de la célula huevo. Los embriones originados a partir de esos huevos son entonces implantados en el útero de una hembra, donde se desarrollan.

En general, una o más moléculas de ADN inyectado se incorporan a los cromosomas de la célula huevo; así, son transmitidas a las células hijas cuando el cigoto se divide. En ese caso, todas las células del individuo tendrán ese ADN recombinante. Cuando el organismo transgénico se reproduzca, los genes incorporados serán transmitidos a sus descendientes, como cualquier otro gen.

EJEMPLO

Obtención de ovejas transgénicas

La manipulación genética en animales y la obtención de animales transgénicos constituyen una fuente alternativa para fabricar proteínas terapéuticas recombinantes. Por ejemplo, con este fin se ha introducido el gen de la enzima alfa-1 antitripsina en embriones de oveja. Hasta ahora, la única fuente de esa enzima, muy rara, era el plasma humano. El gen que codifica la proteína se combina con un interruptor biológico, que solo se activa en las células de las mamas del animal transgénico. La proteína puede ser aislada a partir de la leche.





Clonación

En animales, la **clonación** se utiliza para generar grupos de células, tejidos, órganos o incluso un individuo idéntico a otro, a partir de una sola célula. Cuando se hace con el fin de clonar un organismo, se hace uso de una técnica llamada **transferencia nuclear**. Esta consiste en **transferir el núcleo de una célula somática de un individuo a un ovocito cuyo núcleo ha sido removido**.

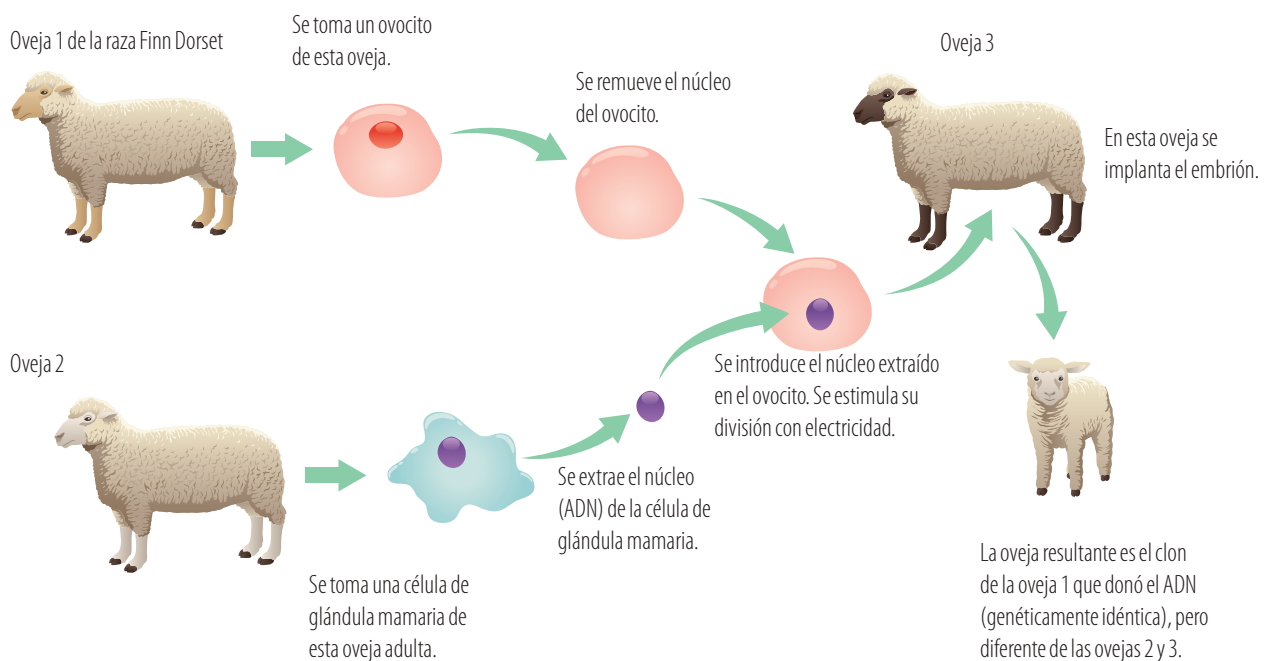
Puesto que las células somáticas no pueden activar la división del ovocito, se induce este proceso mediante la aplicación de estímulos químicos o eléctricos, con el fin de formar un embrión temprano, que luego de alcanzar cierto estado de desarrollo es implantado en el útero de una hembra, hasta su nacimiento. El resultado del procedimiento es un animal completo que tiene el mismo ADN nuclear que el del núcleo de la célula somática que le dio origen.

Aunque la clonación es una técnica muy compleja, varios científicos han logrado clonar animales como moscas de la fruta, ranas, ratones y vacas. Sin embargo, una de las clonaciones que más ha llamado la atención ha sido la de la oveja Dolly, en 1996, ya que fue el primer mamífero obtenido a partir de una célula tomada de un individuo adulto.

Los científicos escoceses que clonaron a Dolly tuvieron que emplear tres madres: de una se obtuvo el ovocito; de otra, el núcleo de ADN, y en la tercera se implantó el embrión. En el proceso se utilizaron más de 200 ovocitos para la transferencia nuclear; pocos cigotos desarrollaron embriones, y solo un organismo logró nacer. Ella murió a los seis años, en el año 2003. Después de Dolly, se han clonado otros mamíferos de gran tamaño como cerdos y caballos.

La clonación de animales es controversial, porque muchos embriones producidos por esta técnica mueren o muestran alguna anomalía en su desarrollo; en consecuencia, muy pocos llegan a nacer.

El siguiente esquema muestra un proceso de clonación similar al que dio origen a la oveja Dolly:



Argumento

- Algunas personas están en contra de la clonación de animales debido a que afirman que reduce la variabilidad genética entre los individuos, lo que reduce la capacidad de la población de adaptarse eficientemente a alteraciones ambientales. Explica si estás de acuerdo con ellas.
- ¿Estarías de acuerdo con emplear la clonación para evitar que una especie amenazada se extinga? Justifica tu respuesta.



El mejoramiento vegetal y animal contribuye a mejorar la calidad de la materia prima con la que se elaboran los alimentos.

Biotechnología de alimentos

En la industria alimentaria se emplea la biotecnología tradicional en la fabricación de gran cantidad de productos: se utilizan hongos como las levaduras y bacterias para elaborar salsa de soya, pan, queso, vino así como otros productos por **fermentación**. Sin embargo, esos microorganismos no solo se emplean en los procesos de elaboración, sino que agregan valor a los productos al preservarlos o al beneficiar la salud de las personas.

Conservación de alimentos

En ocasiones se emplean ciertas bacterias o sus derivados para inhibir la acción de gérmenes que afectan los alimentos. Por ejemplo, algunas bacterias producen ácidos láctico y acético, sustancias con propiedades antimicrobianas. De esta manera, se alarga la vida útil de los productos y se incrementa su calidad.

Alimentos que benefician la salud humana

Cada vez aumenta más la popularidad de los alimentos con cultivos probióticos. Los **probióticos** son microorganismos vivos, como las bacterias del género *Lactobacillus*, capaces de beneficiar los sistemas Digestivo e Inmunológico. Comúnmente se adicionan a productos como el yogur.

Alimentos transgénicos

En el laboratorio se han obtenido animales transgénicos como cerdos con niveles elevados de ácidos grasos omega-3 y salmones que se desarrollan con mayor rapidez.

Mediante la ingeniería genética es posible producir plantas transgénicas con diversos nutrientes; por ejemplo, arroz o maíz con alto contenido de vitaminas y minerales esenciales.

Aunque los alimentos provenientes de cultivos transgénicos pueden contribuir a solventar parte de los problemas de escasez de alimentos y desnutrición, generan mucha controversia. Ciertos sectores de la población afirman que pueden provocar efectos indeseables como alergias, intoxicaciones, mutaciones y enfermedades resistentes a antibióticos.

También existe la preocupación en cuanto a que las plantas transgénicas alteran los ecosistemas, porque pueden competir contra las plantas que no tienen resistencia a, por ejemplo, condiciones de sequía. No se conocen, además, los efectos que pueden ocasionar en los organismos que interaccionan con ellas; por ejemplo, los herbívoros que las utilizan como alimento.

Otras personas, entre ellas científicos, por su parte, afirman que los alimentos transgénicos no presentan ningún riesgo para la salud humana ni para el ambiente, pues son examinados exhaustivamente y pasan por innumerables pruebas antes de aprobarse su comercialización. Este sector menciona que los cultivos genéticamente modificados no necesitan tantos agroquímicos y, por lo tanto, son más amigables con el ambiente.

Recurso TIC

Visita la siguiente dirección electrónica: <http://www.nlm.nih.gov/medline-plus/spanish/ency/article/002432.htm>

- Analiza los posibles beneficios y los riesgos potenciales de los alimentos transgénicos que se mencionan en la página. Organiza, con ayuda de tus compañeros, un debate sobre el tema.



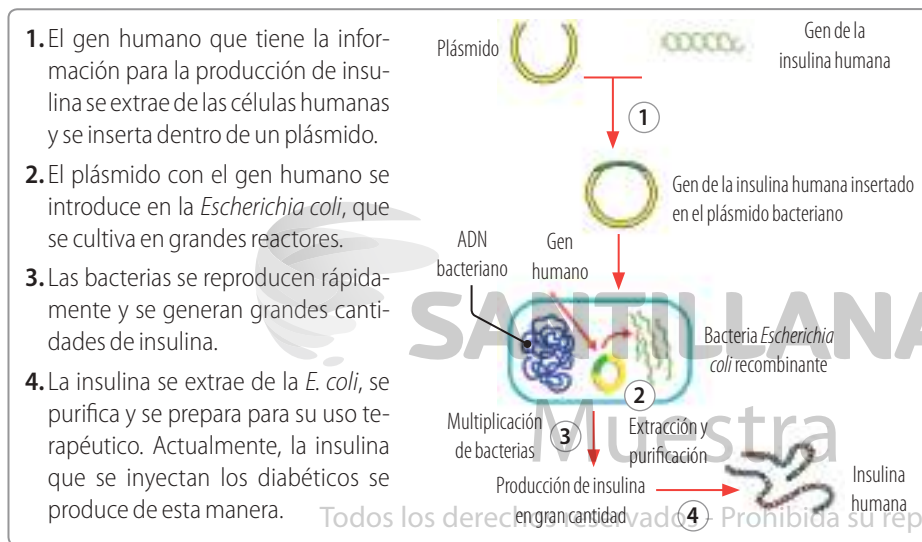
Biotecnología farmacéutica y médica

Como consecuencia de los avances en la biotecnología moderna, las estrategias para afrontar importantes problemas de salud también han progresado. Esto es especialmente notable en las áreas de producción de biofármacos y terapias génicas.

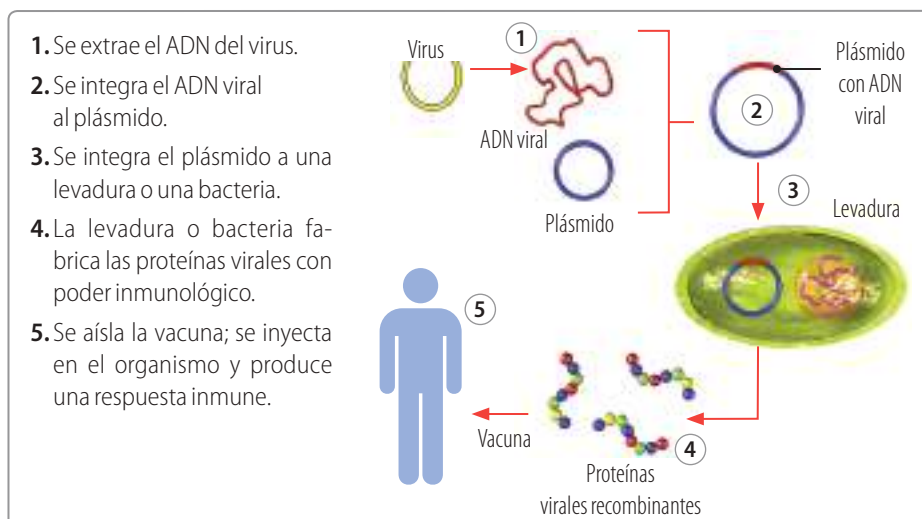
Biofármacos

Una forma de producir fármacos y sustancias de acción terapéutica es mediante la transferencia de genes humanos a bacterias, con el fin de que estos microorganismos produzcan grandes cantidades de proteínas que muchas personas requieren. Entre las sustancias obtenidas se destacan la insulina y las vacunas.

• **Fabricación a escala industrial de insulina humana.** Se utiliza la bacteria *Escherichia coli*, a la que se le inserta el gen humano de producción de insulina.



• **Fabricación de vacunas recombinantes.** Se clonan bacterias o levaduras con el gen que codifica la proteína antigénica (que estimula la respuesta inmune). Luego, se aísla la vacuna producida y se inyecta en el organismo; esto desencadena la respuesta inmune que previene la enfermedad específica.



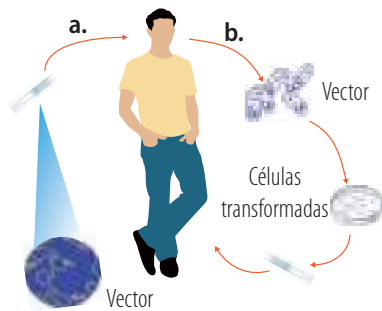
Actualidad científica

En los organismos eucariotas, el corte del ADN total del genoma por una enzima de restricción produce tantos fragmentos, de tantos tamaños diferentes, que es imposible visualizar bandas individuales cuando se separa el ADN mediante la técnica de electroforesis: están tan próximas las unas de las otras que aparecen como una mancha continua a lo largo del gel usado en la electroforesis. De ahí que sea necesario utilizar técnicas especiales para resaltar solo determinados tipos de fragmentos de interés.

Una de esas técnicas, llamada hibridación molecular, consiste en tratar el gel de manera que se separen las cadenas dobles de fragmentos de ADN y a continuación se aplican sondas. Las sondas son moléculas de ADN con secuencias de bases complementarias a las de interés, y por tanto capaces de combinarse con ellas. De esta forma, las sondas que presentan algún tipo de marcación que las hace visibles evidencian solo las bandas correspondientes a la región de interés, que pueden así ser analizadas.

Interpreto

Menciona dos características de las bacterias que las hacen ideales para la producción de biofármacos y vacunas recombinantes.



La terapia génica se puede realizar de dos formas:

- a. Se introduce directamente, en el organismo del paciente, el vector que contiene los genes deseados.
- b. Se extraen células del paciente con genes defectuosos y, en el laboratorio, por medio de vectores se les transfieren los genes deseados. Las células transformadas se introducen de nuevo en el paciente.

Terapias génicas

La **terapia génica** es un procedimiento para tratar enfermedades producidas por una alteración genética; consiste en **introducir un gen sano a un individuo en el que el gen responsable de determinada característica es defectuoso**. De esta manera, se sustituye el gen defectuoso por un gen sano que produce con normalidad la proteína defectuosa, o ausente, responsable de la enfermedad.

Aunque la terapia génica es relativamente exitosa en los laboratorios, los especialistas se enfrentan a muchos obstáculos al aplicarla en el ser humano. Uno de ellos es conseguir que el gen "sanador" llegue a su destino específico. Para ese fin, existen varias opciones; por ejemplo, el uso de virus y de liposomas como vehículos genéticos. Otro inconveniente es cuando el organismo genera una respuesta inmune al detectar que se ha introducido un agente extraño al cuerpo.

Actualmente, se encuentran en desarrollo tratamientos basados en la terapia génica para combatir enfermedades como el mal de Parkinson, el cáncer, la diabetes y la artritis, entre otras.

Clonación y células madre

Las técnicas de transferencia nuclear brindan también la posibilidad de usos terapéuticos para los pacientes que requieren **trasplantes** de tejidos u órganos, mediante la producción de **células madre**. Estas son células no diferenciadas que poseen la capacidad de especializarse y de originar más células iguales. Las células madre pueden ser genéticamente compatibles con el receptor, con lo que se evita el problema del rechazo.

En la práctica, esto se logra con la generación de células embrionarias denominadas **blastocistos**. Este procedimiento causa grandes controversias, puesto que la selección de células del blastocisto implica la destrucción de embriones. Paralelamente, se ha argumentado que un individuo adulto mantiene células con esa potencialidad y, por lo tanto, no sería necesario obtenerlas de embriones humanos.

Proyecto Genoma Humano

El proyecto de caracterización del genoma humano se inició en 1990, coordinado por el Departamento de Energía y el Instituto Nacional de Salud de los Estados Unidos. Aunque inicialmente el proyecto se diseñó para ser realizado en 15 años, en el año 2001 se dio a conocer un primer borrador del genoma y la versión completa fue presentada en abril del año 2003. Este proyecto tuvo dos objetivos principales:

- **Secuenciación del ADN.** Se determinó el orden de los nucleótidos que conforman el ADN humano.
- **Mapeo genético.** Se determinaron las posiciones relativas de los genes dentro de los cromosomas y las distancias que separan a unos de otros.

La información obtenida durante el desarrollo del proyecto se encuentra disponible en diferentes bases de datos de acceso público.

La secuenciación y mapeo del genoma humano permite conocer más acerca de la **predisposición** y **ocurrencia** de enfermedades genéticas. Esta información, a su vez, es relevante para el desarrollo de medicamentos y la realización de diagnósticos rápidos y confiables.



El Proyecto Genoma Humano determinó que el 99,9 por ciento de nuestro ADN es común a cualquier ser humano.



Biotecnología, energía y ambiente

En estos tiempos en que los recursos naturales y los ecosistemas naturales sufren tanta presión, la biotecnología moderna contribuye a solucionar varios de los problemas ambientales más severos, entre ellos la escasez de fuentes de energía y la contaminación ambiental.

Producción de formas de energía no contaminante

En la actualidad se emplea la biotecnología en la producción de biogás, bioetanol y otros combustibles derivados de seres vivos.

El **biogás** es un combustible gaseoso que se obtiene de la digestión de materia orgánica por parte de microorganismos anaerobios. Se utiliza para transformarlo en energía térmica o en electricidad. Los residuos vegetales y el estiércol de los animales de las fincas pueden emplearse como materia prima para producir biogás.

En muchas fincas lecheras de Panamá se emplean **biodigestores** para la producción de biogás. Estos son contenedores cerrados donde se depositan los residuos y agua para que ocurra la fermentación en ausencia de oxígeno.

Otro combustible muy popular es el **bioetanol**. Este se produce a partir de la fermentación de los azúcares presentes en residuos vegetales como los desechos de la caña de azúcar, bagazo de maíz, yuca y cáscara de arroz, entre otros. El bioetanol en general se mezcla con la gasolina para ser utilizado en vehículos.

Los biocombustibles aprovechan los residuos orgánicos, a la vez que disminuyen el consumo de combustibles fósiles contaminantes.

Control de la contaminación ambiental

La biotecnología se ha utilizado en el ensayo de toxicidad de diferentes compuestos, la eliminación de metales pesados, el tratamiento de residuos urbanos e industriales, la degradación de sustancias de naturaleza lipídica y el tratamiento de la contaminación producida por sustancias como hidrocarburos, herbicidas, fungicidas e insecticidas.

Por ejemplo, tradicionalmente se han utilizado agroquímicos que contaminan el suelo, el agua y el aire. Muchos agricultores han empezado a utilizar métodos biotecnológicos que aumentan el rendimiento sin dañar el ambiente, como ciertos microorganismos que disminuyen poblaciones de plagas que enferman las plantas, ayudan a mejorar las condiciones del suelo para obtener cosechas de mejor calidad y no son tóxicos para la vida silvestre.

En las industrias y los hogares de muchas partes del mundo se emplean microbios que producen enzimas capaces de degradar la materia orgánica de las aguas negras, con lo que reducen malos olores y eliminan gran parte de las impurezas de las aguas servidas.

Cuando ocurren derrames de petróleo en el mar, se emplean bacterias para la **biorremediación**. Esos microbios digieren los hidrocarburos, con lo cual eliminan el riesgo que el petróleo significa para la salud de los organismos. Recientemente, se han hallado bacterias que podrían digerir el plástico; si en el futuro se encuentra la manera de utilizarlas para eliminar los desechos plásticos del océano, sería un gran logro con enormes beneficios para el ambiente.



Los aceites vegetales se emplean en la elaboración de biodiésel, un biocombustible renovable que se utiliza solo o mezclado con gasóleo para impulsar automóviles con motores diésel.

Actualidad científica



Algunas compañías energéticas han empezado a comercializar combustibles derivados de algas, como alternativa a los combustibles a base de petróleo. Al ser quemado, este combustible libera el CO₂ que las algas utilizaron en su proceso de fotosíntesis. Este biocombustible muestra muchas ventajas, principalmente que es biodegradable y el cultivo de algas tiene un mínimo impacto sobre el ambiente, pues no ocupa mucho espacio y se puede hacer con aguas servidas.



Muchas organizaciones se oponen a la utilización de animales para probar medicamentos obtenidos mediante biotecnología.

Argumento

- En Boquete se cría salmón transgénico. Justifica las ventajas y desventajas de su producción.
- ¿Piensas que es necesario que en nuestro país los alimentos transgénicos lleven una etiqueta que los identifique como tales?; ¿por qué?

Mis compromisos personales y sociales

La clonación de mamíferos genera dilemas morales y éticos, sobre todo al considerar la alta tasa de mortalidad de los embriones clonados. Muchos de ellos mueren en el útero; otros, poco después de nacer. Las hembras en las que se implanta el embrión pueden sufrir complicaciones durante la gestación.

Esto da pie a que en el futuro próximo se intente la clonación reproductiva en seres humanos (algunas personas afirman que ya se ha tratado de hacer).

¿Cuál es tu opinión con respecto a la clonación de animales? ¿Estarías de acuerdo con la clonación reproductiva en el ser humano?; ¿por qué?

Implicaciones de los avances en biotecnología e ingeniería genética

Los avances en la biotecnología y la ingeniería genética han abierto el camino a muchas aplicaciones prácticas como el diagnóstico, la eliminación, la prevención y la curación de enfermedades; la lucha contra la contaminación y la eliminación de residuos, y la obtención de nuevas fuentes de energía.

Frente a estos beneficios, surge una lista de inconvenientes relacionados con los posibles riesgos ecológicos, sanitarios y sociales que pueden derivarse de la aplicación de la biotecnología. Además, existe una serie de implicaciones bioéticas y legales planteadas por personas de todo el mundo.

- **Implicaciones ecológicas.** Algunos científicos afirman que la introducción de organismos transgénicos en un hábitat puede afectar a otros seres vivos e incluso provocar la extinción de especies naturales si se propagan sin control. Esto puede tener como consecuencia la pérdida de diversidad genética.
- **Posibles problemas sanitarios.** Muchas personas han manifestado la preocupación por posibles efectos secundarios, aún no conocidos, del uso de fármacos elaborados con ADN recombinante. Asimismo, la producción de organismos transgénicos podría provocar la aparición de nuevos virus o bacterias patógenas que originen enfermedades desconocidas hasta la fecha.
- **Implicaciones sociales y éticas.** El conocimiento del genoma humano permitirá conocer de antemano las posibilidades que una persona tiene de desarrollar determinada enfermedad o de ser portadora de la misma. Esta información, utilizada de manera inescrupulosa, podría vulnerar el derecho a la privacidad. Se generarían situaciones en las que las empresas solicitaran informes genéticos para acceder a un puesto de trabajo, o que las aseguradoras aumentaran las pólizas a las personas propensas a tener un determinado tipo de enfermedad.

Con la información del genoma se abre la posibilidad de practicar la manipulación del material genético humano. El Comité Internacional de Bioética de la UNESCO sigue de cerca los avances de la genética, y vela porque se respeten los principios de libertad y dignidad de las personas frente a los riesgos de desviación de la investigación biomédica o de sus aplicaciones.

- **Cuestiones legales.** Actualmente, la legislación de muchos países del mundo impide realizar terapia génica en los gametos, ya que esto podría modificar de manera permanente el patrimonio genético de la descendencia. También, en algunos casos, se prohíbe la investigación sobre células madre o clonación de tejidos humanos con fines terapéuticos.

Otra de las controversias actuales se da en torno a la posibilidad de patentar plantas y animales transgénicos, así como secuencias del genoma humano. En la Reunión Internacional sobre el Derecho ante el Proyecto Genoma Humano celebrada en España en 1993, se elaboró la Declaración de Bilbao; este documento promueve que los descubrimientos relacionados con el genoma humano sean patrimonio de la humanidad; sin embargo, un amplio sector, en el que se cuentan laboratorios privados de investigación y grandes casas farmacéuticas, afirma que es lícito recuperar las inversiones realizadas al patentar los genes que se descubran. Algunas naciones han desarrollado leyes propias en torno a estas cuestiones éticas y legales.



INTERPRETO

1 Completa el siguiente acróstico con las pistas que se proporcionan abajo:

a)	B								
b)	I								
c)	O								
d)	T								
e)	E								
f)	C								
g)	N								
h)	O								
i)	L								
j)	O								
k)	G								
l)	I								
m)	A								

- d) Microorganismos que se utilizan en la industria biotecnológica para la fermentación ácida y la transferencia de genes.
- e) Sustancia de acción terapéutica que puede ser fabricada al transferir genes humanos al microorganismo *Escherichia coli*.
- f) Primer mamífero obtenido por clonación, a partir de una célula somática de un animal adulto.
- g) Proteína que estimula la respuesta inmune.
- h) Enzimas que se utilizan como tijeras moleculares.
- i) Generación de un individuo genéticamente idéntico a otro, a partir de una célula.
- j) Biotecnología que utiliza las técnicas de la biología molecular y la ingeniería genética.
- k) ADN mixto formado por el ADN de dos o más organismos o virus.
- l) Microorganismos que se utilizan en la fabricación de pan o cerveza.
- m) Combustible que se obtiene de la digestión de materia orgánica por parte de microorganismos.

- k) Organismo que posee genes de otras especies.
- l) Alteración o cambio en la información genética.
- m) Molécula circular de ADN bacteriano que se utiliza como vector de transferencia para realizar la manipulación de genes.

2 Establece si los siguientes enunciados son verdaderos o falsos. En caso de ser verdaderos, amplía con un párrafo la información que aportan; si son falsas, corrígelos y redáctalos de nuevo.

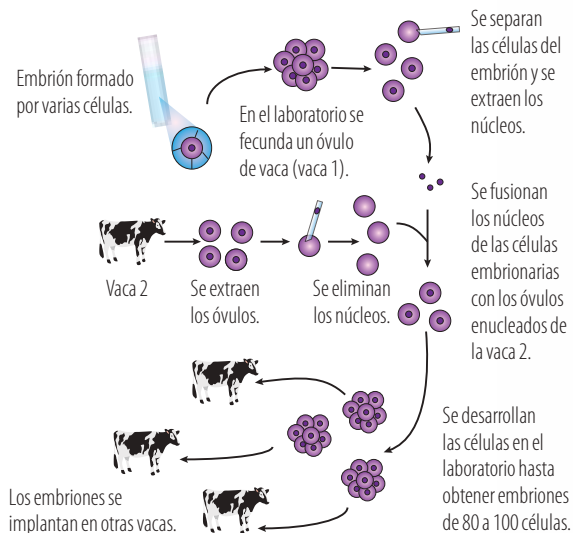
- a) La reacción en cadena de la polimerasa (PCR) permite obtener una enorme cantidad de copias de un fragmento de ADN desconocido.
- b) Hasta el momento, los ratones son los únicos mamíferos transgénicos que se han podido obtener en el laboratorio.
- c) La tecnología del ADN recombinante puede utilizarse para el tratamiento de enfermedades genéticas hereditarias y adquiridas.
- d) La biotecnología surgió en 1910, cuando unos criadores realizaron cruces experimentales para obtener un ganado resistente.
- e) Se puede decir que el cultivo *in vitro* es una forma de clonación.
- f) La terapia génica consiste en reemplazar los genes defectuosos por otros sanos.
- g) En la terapia génica de células somáticas, los genes terapéuticos se transmiten a los descendientes del paciente.
- h) Para producir biocombustibles siempre es necesario hacer uso de la ingeniería genética.
- i) El bloqueo de genes es una técnica que se emplea para identificar la función de un gen.
- j) Con los métodos de la biotecnología tradicional es posible crear plantas transgénicas.

3 Establece las diferencias entre los siguientes pares de conceptos:

- a) Biotecnología clásica y biotecnología moderna.
- b) Biotecnología e ingeniería genética.
- c) Enzimas de restricción y enzimas ADN ligasas.
- d) PCR y transgénesis.
- e) Mutagénesis por inserción e inactivación génica.
- f) Clon y organismo genéticamente modificado.
- g) Inseminación artificial y fertilización *in vitro*.
- h) Biogás y bioetanol.



- 4** Analiza el siguiente esquema de una técnica de clonación de bovinos y, con base en él, responde las preguntas a continuación.



- ¿Por qué es necesario extraer el núcleo de las células embrionarias?
- ¿A cuál de las dos vacas (1 o 2) se parecerán los terneros que nazcan?
- ¿La tecnología del ADN recombinante puede utilizarse para el tratamiento de enfermedades genéticas hereditarias y adquiridas?
- ¿Serán todos los terneros clonados del mismo sexo?; ¿por qué?
- Si se hubiera utilizado el núcleo de una célula somática de la vaca 1, en lugar de los núcleos de células embrionarias, ¿a cuál vaca serán idénticos los terneros resultantes?

- 5** Lee los siguientes ejemplos de desarrollo biotecnológico. Indica en cada caso cuál sería el sector (consumidor, productor, industrial) y el área (alimentos, salud, ambiente) que se beneficiarían con tales avances.

- Se desarrollaron orquídeas que sobreviven a temperaturas muy bajas.
- El metanol producido a partir de remolacha azucarera podría suministrar combustible a un millón de vehículos.
- Se están desarrollando vegetales modificados genéticamente con el fin de producir proteínas del gluten aptas para personas celíacas (intolerantes al gluten).

- 6** Analiza el siguiente esquema. Luego responde las preguntas a continuación.



- ¿Cuál es la característica que se transfiere?
- ¿Por qué puede el cactus ser un organismo apropiado para ser el dador de la característica transferida? Justifica tu respuesta.
- ¿Qué ventaja representa la obtención de un cultivo de maíz con esta nueva característica?



ARGUMENTO

- 7** Describe cuáles técnicas biotecnológicas podrían ayudar a resolver cada una de las siguientes situaciones:

- En una ciudad se ha comenzado a detectar una enfermedad infecciosa; la provoca una toxina secretada por una bacteria. Para frenar una posible epidemia habría que sintetizar una vacuna a partir de la toxina bacteriana. El problema es que, por los métodos tradicionales, la producción de la vacuna es lenta y costosa, ya que las bacterias secretan la toxina en cantidades muy pequeñas.
- En un país en vías de desarrollo se necesita una planta resistente a las infecciones y a los insectos. Además, debe producir bastante alimento, ya que no se dispone de dinero para la elaboración de plaguicidas no contaminantes del ambiente.
- En un laboratorio se identificó un gen localizado en uno de los autosomas humanos, causante de una enfermedad hereditaria. Se comprobó que su acción se debe a que es activado por ciertas sustancias ingeridas con los alimentos. Para investigarlo es indispensable disponer de organismos en los cuales probar las modificaciones en la dieta que evitarían la acción de ese gen.



8 Analiza el siguiente texto:

Los diversos campos de aplicación de la tecnología del ADN recombinante abren el debate acerca de un asunto delicado: el derecho a la privacidad genética. El uso de la ingeniería genética en la medicina forense es uno de los puntos en cuestión. Las huellas digitales no pueden usarse para ninguna otra cosa que no sea la identificación de un individuo; en cambio, una muestra de ADN contiene toda la información genética de una persona (enfermedades genéticas, quiénes son sus progenitores u otros parientes...). Es preocupante el mal uso que se le puede dar a ese conocimiento; por ejemplo, las personas podrían ser discriminadas por su constitución genética.

¿Piensas que el conocimiento cada vez mayor de los genes que determinan nuestras características mentales y de comportamiento nos llevará al determinismo biológico, es decir, a asumir que esas cualidades no pueden ser modeladas por nuestro entorno y nuestra cultura porque poseen un componente hereditario? Comenta, con tus compañeros, tus opiniones. Para enriquecer el debate, lean la novela *Un mundo feliz*, de Aldous Huxley, u otras obras relacionadas con el impacto de la genética en la humanidad.

9 Observa las siguientes fotografías:



Fumigación manual de un cultivo en los Estados Unidos.



Agricultura de subsistencia en la Península del Sinaí (Egipto).

En un país desarrollado, ¿tiene importancia la obtención de plantas resistentes a las enfermedades y a las plagas?; ¿y en uno en vías de desarrollo? Explica las razones de cada país para investigar en el campo de la biotecnología. ¿Qué aplicaciones podrían ser de interés en los países de cada tipo? Investiga qué aplicaciones de la biotecnología se utilizan en la agricultura de Panamá.



PROPONGO

10 Analiza la siguiente información y, con base en ella, realiza las actividades.

Los alimentos genéticamente modificados originan incertidumbre y polémica. Sus oponentes, entre ellos la ONG *Greenpeace*, sostienen que la alteración genética podría afectar la salud de los consumidores y el ambiente; mencionan que podrían ocasionar alergias y cáncer en quienes se alimentan de ellos, y que ya han causado la disminución de poblaciones naturales de abejas. Por el contrario, los que están a favor argumentan que gran parte de la humanidad los ha estado consumiendo desde hace décadas, sin que se hayan comprobado efectos adversos.

Muchos científicos basan sus argumentos a favor de los transgénicos en los rigurosos controles de seguridad sanitaria y ambiental a que son sometidos los productos transgénicos antes de salir al mercado. Hasta hoy día, no existe evidencia científica que permita aseverar que estos productos son riesgosos para la salud o para el ambiente, pero la polémica continúa. No obstante, el cultivo de plantas transgénicas va en aumento. En Panamá, por ejemplo, se ha sembrado maíz transgénico en la provincia de Los Santos, para consumo animal. Cada bolsa de semilla transgénica es más cara que la tradicional, pero ofrece resistencia ante el ataque de insectos.

- Consulta en el periódico o en internet sobre los argumentos de las organizaciones que están en contra de los alimentos transgénicos, así como de los científicos y otros sectores de la sociedad que están a favor de ellos.
- Organiza, con tus compañeros, un debate. Formen dos grupos. Elijan a un vocero. Cada grupo defenderá un punto de vista opuesto; para ello, ambos equipos se valdrán de la información obtenida. Uno de los grupos abordará los posibles efectos negativos de los transgénicos sobre la salud humana, el ambiente y la sociedad en general; el otro, las consecuencias positivas para el avance de la humanidad. Cierren la actividad con una reflexión sobre la situación de los organismos transgénicos en nuestro país.



Comparación de muestras de ácido desoxirribonucleico de origen vegetal y animal

Objetivos

1. Describir muestras de ácido desoxirribonucleico de organismos eucariotas.
2. Desarrollar habilidades y destrezas para realizar comparaciones a partir de observaciones en el laboratorio.

Conceptos clave

Ácido nucleico, ácido desoxirribonucleico, ácido ribonucleico, núcleo celular.

Materiales

- Bata de laboratorio
- Microscopio
- Media taza de trozos de tomate sin cáscara u hojas de espinaca
- Media taza de hígado de pollo
- Suavizante o ablandador de carne
- 200 mL de agua destilada
- 60 mL de detergente líquido
- 10 mL de alcohol etanol al 95%, frío
- Hielo
- Sal de mesa
- 2 vasos de precipitados (*beakers*) de 150 mL
- 2 vasos de precipitados de 250 mL
- Dos tubos de ensayo
- Batidora o mortero
- Embudo
- Papel de filtro
- Asa de platino (asa bacteriológica)
- Láminas portaobjetos y cubreobjetos
- Mechero con trípode y malla de asbesto
- Agitador
- Cuchara

Metodología de trabajo

- En grupo



Preguntas problematizadoras

- ¿El ADN de las células vegetales tiene la misma apariencia que el de las células animales?
- ¿Es posible establecer diferencias entre el ADN de las células vegetales y de las células animales con un microscopio óptico?

Las células vegetales se diferencian fácilmente de las animales por su pared celular y organelas como los cloroplastos. Para extraer el ADN de ambos tipos de células es necesario realizar un tratamiento para degradar los lípidos de las membranas. El ADN, separado de las membranas y de las proteínas, se trata con alcohol; esto dará como resultado un precipitado de este ácido nucleico. En general, es más complicado extraer el ADN de la célula vegetal, debido a la celulosa de la pared y a los metabolitos de las plantas que pueden interferir en la obtención del precipitado.

Procedimiento

1. Coloquen el alcohol en la refrigeradora por al menos dos horas antes del experimento.
2. Seleccione la muestra de origen vegetal. Mézclenla, en la batidora, con una taza de agua destilada durante durante 15–20 segundos; procuren alcanzar una apariencia homogénea. Se puede utilizar un mortero en vez de batidora.
3. Echen tres cucharadas soperas del macerado de muestra vegetal en el vaso de precipitados de 150 mL; agreguen 2 cucharadas de detergente líquido (unos 30 mL) y 9 gramos de sal. Mezclen todo con una cuchara lentamente, durante 5 a 10 minutos, sin producir espuma.
4. Pongan la mezcla anterior al baño maría con agua a 65 °C durante 10 minutos. Controlen la temperatura para evitar que el agua hierva.
5. Retiren la mezcla del baño maría y colóquenla en agua con hielo para que enfríe rápidamente.
6. Filtren la mezcla con ayuda del *beaker* de 250 mL, el embudo y el papel de filtro. Dejen pasar la solución durante varios minutos, hasta obtener unos 6 mL del filtrado.



7. Añadan al filtrado una pizca de suavizante o ablandador de carne (pueden diluirlo previamente con un poco de agua destilada).
8. Coloquen los 6 mL del filtrado en un tubo de ensayo limpio y agreguen, lentamente, 5 mL de alcohol muy frío. Dejen escurrir el alcohol lentamente por las paredes del tubo. Dejen reposar la mezcla unos 3 minutos. Tengan cuidado de no agitarla.
9. Observen el precipitado blanco y filamentosos en la capa de alcohol. Dibujen lo observado.
10. Introduzcan un asa de platino en el tubo de ensayo. Con ella recojan algunos de los filamentos blancos y colóquenlos en una lámina portaobjetos. Coloquen el cubreobjetos y observen al microscopio con el objetivo de menor aumento primero; utilicen después objetivos de mayor aumento. Dibujen lo que observan.
11. Repitan los pasos anteriores con la muestra de origen animal.

Resultados

1. Registren, en el cuaderno, las observaciones. Para ello, hagan una ficha como la que se muestra para realizar los dibujos y recolectar la información sugerida.



Muestra observada: _____

Aumento utilizado: _____

Descripción: _____

Análisis de resultados

Analicen y respondan.

1. ¿Tienen las preparaciones de origen vegetal y animal la misma apariencia?

2. ¿Qué semejanzas y/o diferencias encuentran entre las muestras de ambos tipos?

3. ¿Qué función creen que cumple el detergente en esta práctica de laboratorio?

4. ¿Es puro el ADN extraído en el laboratorio?; ¿por qué?

Conclusiones

1. ¿A qué corresponden los filamentos que se obtuvieron en las muestras estudiadas?; ¿por qué?

2. ¿Basta un microscopio óptico para determinar si el ADN de una muestra orgánica es de origen vegetal o animal?

Profundización

Experimenten con otras fuentes de ADN, por ejemplo trozos de cebolla o fresas. ¿En cuál caso obtienen mayor cantidad de ADN? Planteen otras alternativas para la extracción de ADN de las muestras; por ejemplo, utilizar champú en vez de detergente líquido o no usar la batidora para procesar la muestra de origen animal.

Realización de prácticas de biotecnología tradicional

Objetivos

1. Efectuar prácticas de laboratorio relacionadas con la biotecnología tradicional.
2. Reconocer la acción de las levaduras.
3. Crear un banco de semillas propio.

Conceptos clave

Biotecnología tradicional, levaduras, conservación *ex situ*.

Materiales

- ⌘ Levadura
- ⌘ Azúcar común
- ⌘ 200 gramos de harina de trigo
- ⌘ Colorante azul de metileno
- ⌘ Gotero
- ⌘ Un vaso de precipitados o *beaker*
- ⌘ Láminas portaobjetos y cubreobjetos
- ⌘ Microscopio óptico

Metodología de trabajo

- ⌘ En grupo



Preguntas problematizadoras

- ⌘ ¿Por qué se emplean microorganismos como las levaduras en la elaboración de ciertos alimentos?
- ⌘ ¿De qué manera puede ayudar la biotecnología tradicional a la conservación?

Desde hace miles de años, el ser humano ha aplicado técnicas de la biotecnología tradicional para obtener diversos productos de interés. Las levaduras del género *Saccharomyces* fueron de los primeros organismos que se utilizaron, aunque en los inicios de la humanidad no se tenía la noción de que estas eran hongos unicelulares. En la actualidad, la biotecnología tradicional contribuye también a la conservación ambiental *ex situ* (conservación de recursos genéticos fuera de su sitio de origen) mediante técnicas como los bancos de semillas.

Experimento 1: Observación de levaduras

Procedimiento

1. En el beaker, disuelvan la levadura con una pequeña cantidad de agua de azúcar tibia. Registren la temperatura.
2. Inmediatamente, tomen una gota. Colóquenla en una lámina portaobjetos. Agréguele azul de metileno. Observen al microscopio con el máximo aumento. Dibujen, en el cuaderno, lo observado.
3. Dejen reposar las levaduras en el agua tibia unos minutos. Repitan su observación. Registren todos los cambios observados.
4. Repitan la experiencia a distintas temperaturas.



5. Mezclen, a mano, cuatro porciones de harina de 50 g cada una, con el agua de levadura tibia de los pasos anteriores (hasta formar bolas de masa).
6. Dejen reposar las bolas de masa, cada una a temperaturas distintas. Observen su crecimiento. Registren a qué temperatura ocurrió el mayor crecimiento.

Experimento 2: Banco de semillas

Procedimiento

1. Seleccionen dos o más especies de plantas de su interés que contengan frutos.
2. Determinen el nombre de cada especie. Reúnan toda la información posible, como períodos de floración, de fructificación y de germinación, a partir de algún libro o guía sobre la flora panameña.
3. Localicen los frutos maduros de esas plantas. Extraigan las semillas de tres de esos frutos. Agrúpenlas por especie. Traten de que los frutos y las semillas elegidos sean de plantas de buen aspecto, que no estén afectadas por enfermedades.
4. Durante cinco días mantengan las muestras recolectadas y etiquetadas en un lugar seco, donde reciban calor, lo que favorece la reducción del contenido de agua de las semillas.
5. Depositen las semillas en pequeñas cajas forradas con papel aluminio. Colóquenlas en el refrigerador o en otro ambiente a baja temperatura, pero no de congelación.

Resultados

1. Completen un cuadro como el siguiente con dibujos de la primera parte del experimento 1:

Al momento de disolver las levaduras	Levaduras después de dejar en reposo

2. Anoten, en su cuaderno, las anotaciones de la segunda parte del experimento 1:

Temperatura a la que se dejó crecer la masa	Observaciones

Análisis de resultados

Analicen y respondan.

1. ¿Por qué es necesario añadir azúcar a la levadura?

2. ¿Qué tipo de proceso metabólico ocurre en las levaduras y permite el crecimiento de la masa?

3. ¿Cuál es la utilidad de un banco de semillas?

4. ¿Por qué es necesario reducir el contenido de agua de las semillas antes de guardarlas?

Conclusiones

1. ¿Cuál es la utilidad de los microorganismos como las levaduras en la industria alimentaria?

2. ¿Qué ventajas ofrece la preservación de la diversidad genética en bancos de semillas o mediante otras formas de conservación *ex situ*?

Profundización

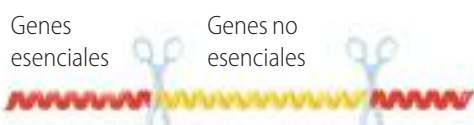
Mezclen la levadura con agua a distintas temperaturas, desde fría, de la refrigeradora, hasta hirviendo. Luego utilicen pequeñas porciones de masa para observar las diferencias en el crecimiento de la masa.

Sugieran otras ideas acerca de cómo preparar el banco de semillas. Pueden recurrir a bibliotecas o pedir asesoramiento en el herbario de una universidad con el fin de consultar sobre las especies de plantas de mayor interés para conservar en nuestro país.

Terapia génica: esperanza para el futuro

La **terapia génica** es una de las aplicaciones más prometedoras de la biotecnología en el área de la salud humana. Su principio es trabajar sobre el genotipo para que no aparezca en el fenotipo; es decir, si una persona tiene una enfermedad monogénica (causada por una mutación en la secuencia de un solo gen y transmitida con un patrón de herencia mendeliana), es posible introducir en esa persona una copia sana del gen para que codifique la proteína que el gen defectuoso no producía. También es posible desactivar un gen que no funciona bien o introducir en el organismo un gen que ayude a combatir una enfermedad. De esta manera, la terapia génica puede ser útil tanto para prevenir como para curar un trastorno de salud.

1. Corte y eliminación de fragmento de ADN viral.



2. Sustitución por fragmento de ADN humano.

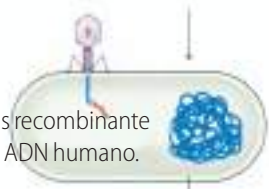
"Reparación" del ADN por medio de enzimas ADN ligasas.



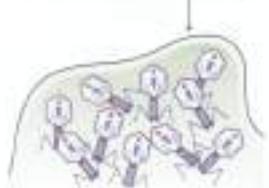
3. Empaquetamiento del ADN con proteínas.



Virus recombinante con ADN humano.



El virus al ingresar a una célula humana inyecta el nuevo gen en el núcleo celular.



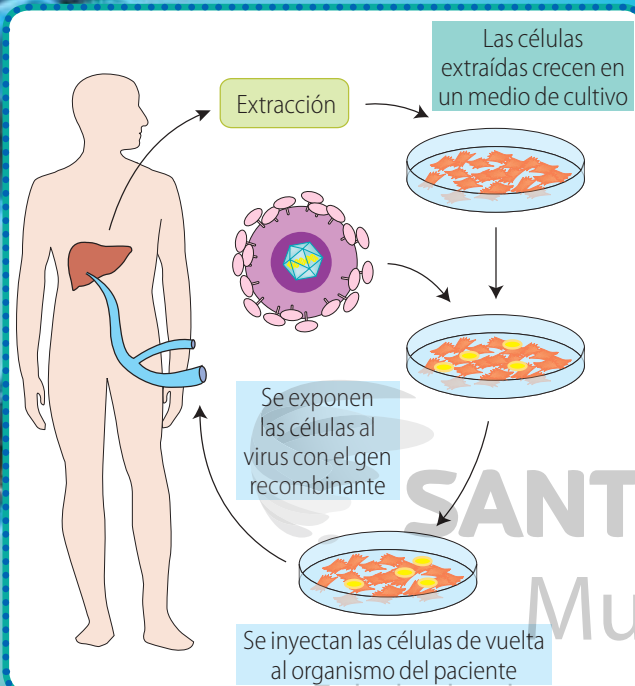
Vectores

Un gen no puede ser introducido directamente en un organismo; siempre es necesario emplear un vector. Se pueden usar vectores no virales, como plásmidos o cadenas de ADN que son disparadas con "pistolas de genes". Sin embargo, los vectores más utilizados son virus a los que se les sustituyen los genes que provocan enfermedad por genes que tienen el código para producir la proteína deseada.

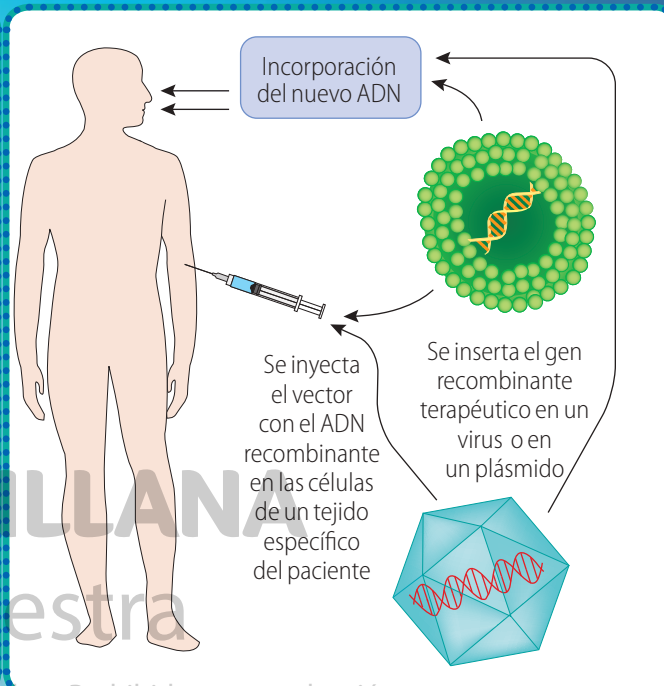
Terapia génica en células somáticas

La terapia génica aplicada a células somáticas (cualquier célula que no sea un gameto) puede clasificarse en *ex vivo* o *in vivo*. En ambos casos, el efecto terapéutico perdura hasta que las células tratadas sean reemplazadas por nuevas células y no es transmitida a los descendientes del paciente, a diferencia de la terapia realizada en células germinales.

En la terapia génica ***ex vivo*** las células se modifican fuera del organismo; luego son trasplantadas de vuelta en el cuerpo humano.

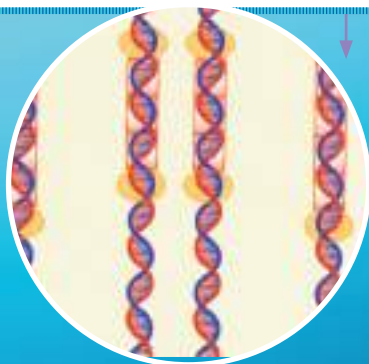


En la terapia génica ***in vivo*** el gen recombinante de interés es transferido a las células dentro del organismo del paciente.



Problemas potenciales

La duración del gen transferido en ocasiones es muy baja, para algunos casos es de máximo dos meses. Adicionalmente, puede causar efectos secundarios como la reacción inmunológica, ya que la proteína es extraña para el cuerpo que la recibe. También se puede dar el caso de que un vector viral infecte células sanas.



Casos de éxito

Desde los años noventa se aplica la terapia génica a niños que padecen la inmunodeficiencia severa combinada. Se les llamaba "niños burbuja", ya que tenían que permanecer aislados del ambiente externo para evitar infecciones. Esta enfermedad de herencia autosómica recesiva se caracteriza por la ausencia de la enzima adenosindeaminasa (ADA). La terapia génica con la que se le trata consiste en introducir el gen normal de la ADA en los pacientes para que produzcan la proteína.