

“Genes y manipulación genética.”

En Unidades anteriores has estudiado que las características de un ser vivo se deben a sus genes y has visto cómo se transmiten los genes, que están en los cromosomas.

Los genes son moléculas de ADN, por tanto el ADN es la molécula portadora de la información necesaria para el desarrollo de una célula o un organismo, pero esa información está codificada y tiene que manifestarse en forma de proteínas, y el ADN es la molécula que se transmite de una generación a otra, para ello es capaz de autoduplicarse y formar copias de sí misma.

A veces la información del ADN puede sufrir cambios imprevistos, mutaciones, lo que trae consecuencias para las células e individuos que los sufren, pero los genes también pueden ser manipulados por técnicas de ingeniería genética.

En esta Unidad estudiarás la composición y estructura del ADN, las funciones que tiene, cómo se expresa su información, conocerás la importancia de las mutaciones, verás algunos procedimientos de manipulación del material hereditario y valorarás las ventajas y riesgos que tienen los avances en el conocimiento de los genes.

Módulo III (Optativo)

Ampliación de Biología-Geología.

Unidad 6

Índice

1	El ADN, la molécula de la herencia.....	3
1.1	El material hereditario.....	3
1.2	Los ácidos nucleicos	3
1.3	Estructura del ADN	4
1.4	Funciones del ADN	5
2	La expresión de la información genética.....	5
3	La duplicación de la información genética.....	7
4	Cambios en la información genética: mutaciones.	8
4.1	Tipos de mutaciones.....	9
4.2	Las enfermedades genéticas	10
5	Biotecnología.....	12
5.1	Biotecnología tradicional.....	12
5.2	Biotecnología actual.	12
6	Aplicaciones de la biotecnología actual.	16
6.1	Aplicaciones de la ingeniería genética en microorganismos	16
6.2	Aplicaciones de la ingeniería genética en la agricultura: plantas transgénicas	17
6.3	Aplicaciones de la ingeniería genética en animales.....	17
6.4	Otras aplicaciones.....	17
7	Implicaciones de la ingeniería genética.....	18
8	El Proyecto Genoma Humano.....	19
8.1	Aplicaciones del conocimiento del genoma humano	20

1 El ADN, la molécula de la herencia

1.1 El material hereditario

La información que controla la aparición de los caracteres hereditarios se localiza en el núcleo celular y se transmite de célula a célula empaquetada en los cromosomas.

Los cromosomas están formados por ADN (ácido desoxirribonucleico) y proteínas, en la actualidad, gracias a múltiples experimentos realizados en la primera mitad del siglo XIX, se sabe que es el ADN la molécula portadora de la información que dota a una célula y a un organismo de sus características biológicas.

El ADN es el material hereditario de todas las células eucariotas, de las bacterias y de muchos virus; en algunos virus la información genética se encuentra en el ARN.



Imagen 1. Molécula de ADN. [Gobierno de Aragón.](#)

1.2 Los ácidos nucleicos

En todos los seres vivos existen dos tipos de ácidos nucleicos: ADN y ARN. Aunque el portador de la información es el ADN, para que pueda expresarse tienen que intervenir también distintos tipos de ARN.

Los ácidos nucleicos están formados por unidades, llamadas nucleótidos, unidas entre sí. Cada nucleótido está formado por un glúcido de 5 carbonos (ribosa en ARN, desoxirribosa en ADN), ácido fosfórico y una base nitrogenada, que puede ser adenina A, guanina G, timina (exclusiva del ADN) T, citosina C o uracilo (exclusiva del ARN) U. La información contenida en los ácidos nucleicos reside en la secuencia de los nucleótidos, más concretamente en el tipo y orden de sus bases nitrogenadas, ya que el resto de los componentes es común para todos los nucleótidos.

En general, el ARN contiene una sola cadena de nucleótidos y es una molécula mucho más pequeña que el ADN. Hay diferentes tipos de ARN: ribosómico, transferente y mensajero, dependiendo de la función que desempeñan en las células.

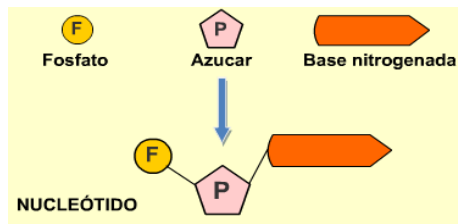


Imagen 2. Composición de un nucleótido. <http://recursos.cnice.mec.es>

1.3 Estructura del ADN

En 1953 Francis Crick y James Watson, basándose en estudios de otros científicos, propusieron el modelo de estructura del ADN que se conoce con el nombre de “doble hélice”, por el que les concedieron el Premio Nobel de Medicina en 1962.

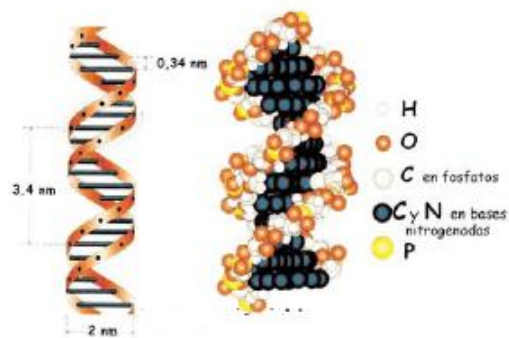
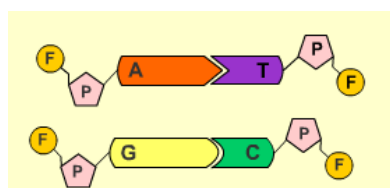


Imagen 3. Modelos de doble hélice del ADN. [Gobierno de Aragón.](http://www.gobierno.de.aragon.es)

Las imágenes del ADN obtenidas mediante difracción de rayos X por Rosalind Franklin en 1951, fueron decisivas para que, en 1953, Francis Crick y James Watson elaboraran el modelo de la doble hélice.

La molécula de ADN está formada por dos cadenas antiparalelas de nucleótidos, unidas por sus bases y enrolladas en forma de hélice, con unas dimensiones fijas, cada nucleótido de una cadena está unido al nucleótido que se encuentra enfrente en la otra cadena y siempre se une A con T y G con C.



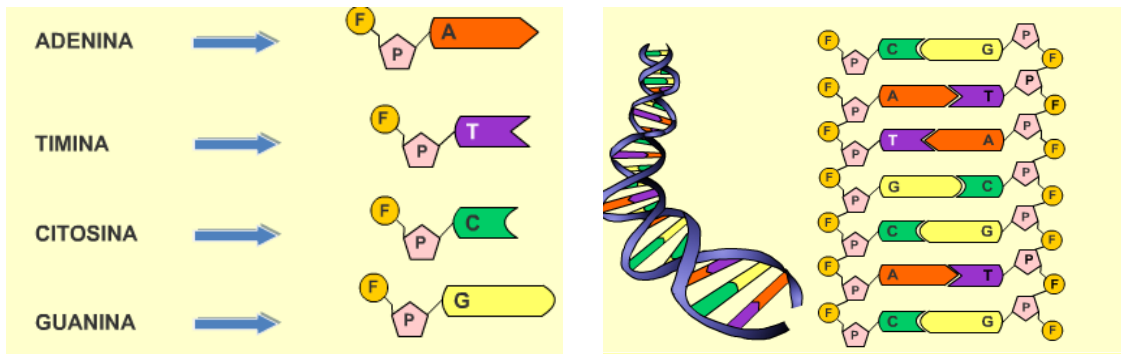


Imagen 4. Composición y estructura del ADN. <http://recursos.cnice.mec.es>

Recuerda que durante la interfase, es decir, cuando la célula no se está dividiendo, el ADN está formado por filamentos finos y largos que se asocian con proteínas para formar la llamada cromatina.

Cuando la célula inicia su división, la cromatina correspondiente a una molécula de ADN se condensa progresivamente para dar una unidad denominada cromosoma.

1.4 Funciones del ADN

- Contener la información hereditaria o genética.
- Controlar las funciones celulares, al regular la expresión de la información genética mediante el control de la síntesis de proteínas.
- Pasar la información de una célula a sus descendientes durante la división celular, gracias a su capacidad de replicación.

2 La expresión de la información genética

Todos los seres vivos son diferentes unos de otros, sin embargo todas las moléculas de ADN tienen la misma composición química, están formados por los mismos nucleótidos, la única diferencia es el orden en el que se encuentran, por tanto es la secuencia de nucleótidos la que contiene la información, dos secuencias diferentes tienen información distinta.

El orden en que se repiten los cuatro nucleótidos le permite llevar mensajes codificados.

Un **gen** es un segmento de ADN que lleva codificada la información para un determinado carácter, pero para que aparezca un determinado carácter es necesaria una proteína, diferente en cada caso, que es la responsable directa de la característica.

Las proteínas están formadas por unidades menores, los **aminoácidos**. Existen 20 aminoácidos distintos con los que se forman las proteínas, las diferencias entre unas y otras están en el número y orden de aminoácidos.

El código, la clave que utiliza el ADN, se llama **código genético**. En él cada palabra está formada por un **tripleto** de nucleótidos, con la que se puede nombrar a uno de los aminoácidos.

Para mantener sus funciones, las células necesitan sintetizar proteínas constantemente.

La **síntesis de proteínas** se realiza en los ribosomas, que están en el citoplasma y el ADN se encuentra en el núcleo y no puede salir, por ello el ADN puede transferir parte de la información de una de sus dos cadenas a otra molécula similar más pequeña y de una sola hebra, llamada ARN mensajero (ARNm). El proceso se llama **transcripción**. Como en el ARN no hay timina, la complementariedad de las bases en este proceso hace que si en el ADN hay A en el ARN en formación se usa un nucleótido de uracilo, es decir la complementariedad será A-U y G-C.

El proceso de síntesis de proteínas por los ribosomas se denomina **traducción**, porque dichos orgánulos interpretan la información contenida en la secuencia de nucleótidos del ARNm y van uniendo en un orden preciso los aminoácidos de la proteína. El diccionario que permite realizar dicha traducción es el código genético y es común para todos los seres vivos, cada tripleto o grupo de tres nucleótidos del ARNm es una palabra o **codón** y significa un aminoácido concreto.

En todos los seres vivos, el flujo de la información genética se produce en el sentido: ADN (transcripción) ARNm (traducción) proteínas. Esta expresión, enunciada por Crick en 1970, se llamaba **Dogma central de la Biología Molecular**, hasta que se descubrieron los retrovirus, en los que no se verifica.

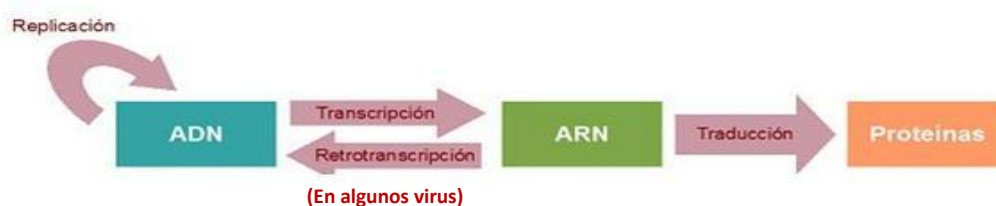


Imagen 5. Dogma Central de la Biología Molecular. e-educativa.catedu.es

En la síntesis de las proteínas, además de cada ARNm específico, que es quien contiene el mensaje del ADN, intervienen distintos tipos de ARN transferentes (ARNt), que transportan cada uno un aminoácido específico hasta los ribosomas, y los ARN ribosómicos (ARNr) que forman parte de dichos orgánulos.

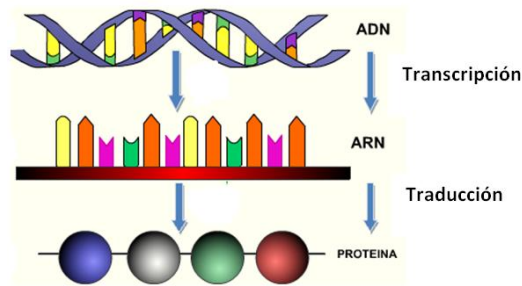


Imagen 6. Flujo de la información genética. <http://recursos.cnice.mec.es> (Modificada)

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

Imagen 7. Código genético. [Gobierno de Aragón](http://www.gobierno.de.ar).

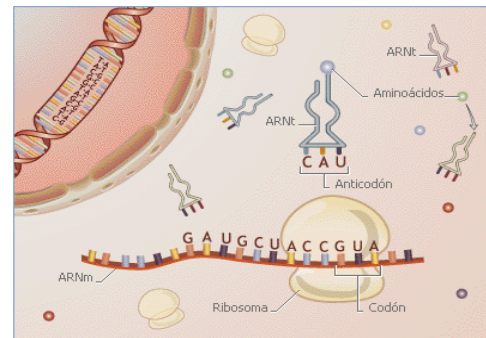


Imagen 8. Síntesis de proteínas. <http://docentes.educacion.navarra.es>

Se denomina **código genético** a la relación entre la secuencia de bases nitrogenadas del ADN (o del ARNm) y la secuencia de aminoácidos que constituyen una proteína. Los triplete de bases del ADN se denominan codógenos y los del ARNm que son complementarios, codones.

El código genético es universal, los ribosomas de una célula pueden leer cualquier ARNm.

Un gen es un segmento de ADN que tienen la información para la síntesis de una proteína.

3 La duplicación de la información genética

La información que contiene el ADN es idéntica para todas las células del organismo, y se transmite con exactitud en cada división celular. Cada vez que una célula se divide, las hijas reciben el mismo material genético, para ello es imprescindible que el ADN forme copias de sí mismo, es decir que se **replique o se duplique**.

El mecanismo de la **replicación o autoduplicación** del ADN fue inmediatamente intuido por Watson y Crick al proponer la estructura de la doble hélice:

- Las dos cadenas de nucleótidos del ADN se separan, como una cremallera.
- A cada hebra separada se van uniendo nucleótidos cuyas bases son complementarias (A se une a T y G se une a C).
- Se obtienen dos copias idénticas del ADN, cada una de ellas tiene una hebra procedente del ADN inicial y otra que se forma de nuevo, por eso se dice que la replicación del ADN es **semiconservativa**.

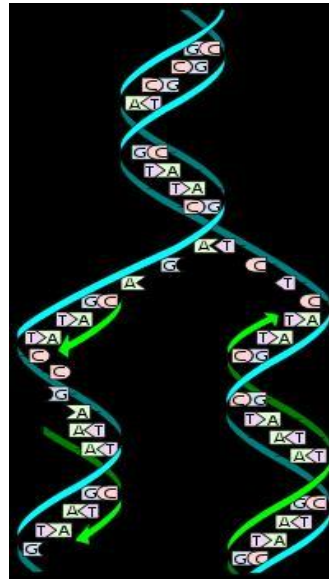


Imagen 9. Replicación del ADN. [Wikipedia](#)

Se obtienen dos copias idénticas del ADN, por eso cada uno de los cromosomas que se forman al inicio de la división tiene dos copias exactas de sí mismo, que son las dos cromátidas que luego repartirá entre las células hijas.

El mecanismo que permite la copia exacta es muy eficaz, pero a veces la secuencia de nucleótidos es copiada de manera incorrecta, haciendo que el mensaje cambie con respecto al mensaje original.

4 Cambios en la información genética: mutaciones

Los genes no se mantienen siempre inalterados, a veces se producen cambios súbitos y al azar, que se conocen con el nombre de **mutaciones**.

Se producen por errores en la duplicación del ADN o en los mecanismos naturales de reparación de los mismos, o por fallos en el reparto de los cromosomas durante la división celular.

Las mutaciones **espontáneas** son muy infrecuentes pero pueden ser **inducidas** mediante agentes ambientales, denominados mutágenos, como algunas radiaciones muy energéticas (rayos gamma, UV, X), sustancias químicas (ácido nitroso, humo del tabaco), ciertos virus o incluso determinados genes alterados (oncogenes).

Una mutación puede ocurrir en cualquier célula del organismo. Si aparecen en las células somáticas sólo afectan al individuo en el que se originan y no se transmiten a los descendientes, pero si se producen en las células germinales pueden ser heredadas.

4.1 Tipos de mutaciones

Según la alteración genética que causan pueden ser:

- Mutaciones **génicas**, afectan sólo a un gen.



Imagen 10. Tipos de mutaciones génicas. [Gobierno de Aragón.](#)

- **Cromosómicas**, afectan a la estructura de los cromosomas, alteran varios genes y modifican el tamaño o la forma de los cromosomas pero no su número.

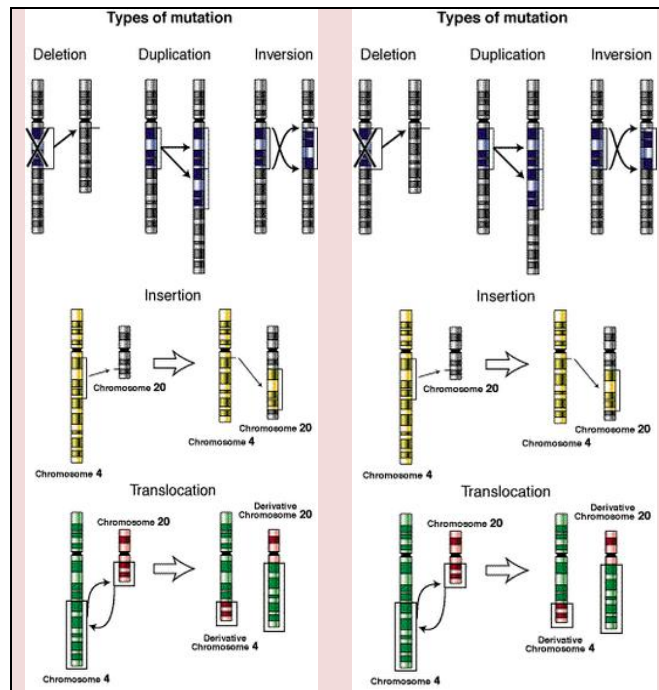


Imagen 11. Ejemplos de mutaciones cromosómicas. [Wikipedia](#)

- **Genómicas** o cariotípicas, que afectan al número de cromosomas, porque hay algún cromosoma de más o de menos, o porque el número de series de cromosomas (n) no es dos (como sucede en los mutantes llamados triploides $3n$, tetraploides $4n$ o poliploides).

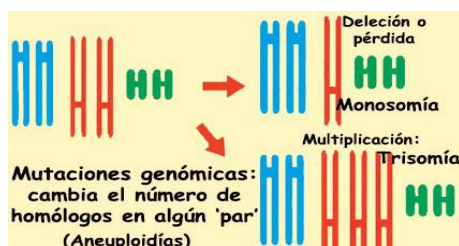


Imagen 12. Ejemplos de mutaciones genómicas. [Gobierno de Aragón.](#)

Muchos de los daños producidos por mutágenos ambientales o en la replicación son reparados por enzimas en todos los organismos, sin esas reparaciones no sería posible la supervivencia, pero los fallos ocasionales en los mecanismos de reparación permiten la aparición de mutaciones.

Muchas de las mutaciones son perjudiciales y con el tiempo tienden a desaparecer de las poblaciones, pero algunas son beneficiosas o neutras y se mantienen. Tienen gran importancia biológica para **aumentar la variabilidad** de los individuos de una población, gracias a ellas actúan los procesos evolutivos, que han originado la gran diversidad biológica.

4.2 Las enfermedades genéticas

Como consecuencia de las mutaciones se pueden producir las enfermedades genéticas. Pueden deberse a la herencia genética o a mutaciones en el propio individuo.

4.2.1. Alteraciones genéticas humanas

Hay muchas enfermedades genéticas, algunas ya las viste en la Unidad anterior, como es el caso de la hemofilia y el daltonismo, que, como recordarás, se deben a un gen recesivo que está localizado en el cromosoma X.

Otros ejemplos pueden ser: cáncer de pulmón, cáncer de colon, fibrosis quística, anemia de células falciformes, hemocromatosis, hipercolesterolemia, esclerosis lateral amiotrófica..., todas ellas se deben a la existencia de **genes defectuosos**. Actualmente se conoce la localización de muchos genes que causan enfermedades.

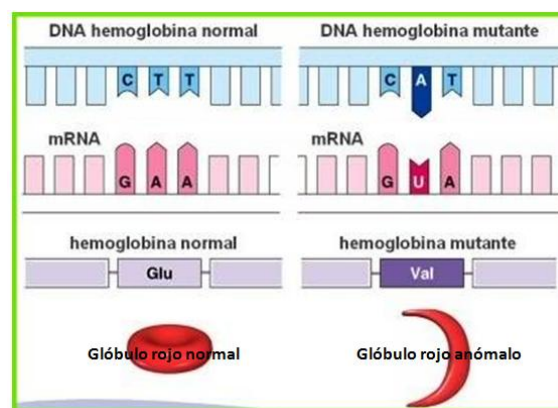


Imagen 13. Mutación que origina la anemia falciforme. [Wordpress.com](#)

Otras se deben a mutaciones **genómicas**, a la alteración en el número de cromosomas, entre ellas:

Alteraciones autosómicas		
Síndrome	Mutación	Características
Síndrome de Down.	Trisomía del par 21.	Ojos oblicuos, retraso mental, cabeza ancha y cara redondeada, alteraciones oculares, cardíacas.
Síndrome de Edwards.	Trisomía del par 18.	Deficiencia mental, lesiones renales y cardíacas, retraso de crecimiento y alteración de los miembros. Poca viabilidad.
Síndrome de Patau.	Trisomía del par 13.	Retraso mental, ausencia de paladar, deficiencias cerebrales, cardíacas, genitales. Poca viabilidad.

Alteraciones en los cromosomas sexuales		
Síndrome	Mutación	Características
Síndrome de Klinefelter.	Dos cromosomas X y un cromosoma Y.	Sexo masculino. Genitales pequeños y esterilidad. Retraso mental moderado.
Síndrome de Turner.	Monosomía del cromosoma X.	Sexo femenino con un sólo cromosoma X, esterilidad, baja estatura.
Síndrome de doble Y.	Dos cromosomas Y (XYY).	Varones de estatura elevada. Ligero retraso mental y se relaciona con una mayor agresividad.
Síndrome de triple X.	Trisomía del cromosoma X.	Sexo femenino. Retraso mental moderado, alteraciones neuropsíquicas.

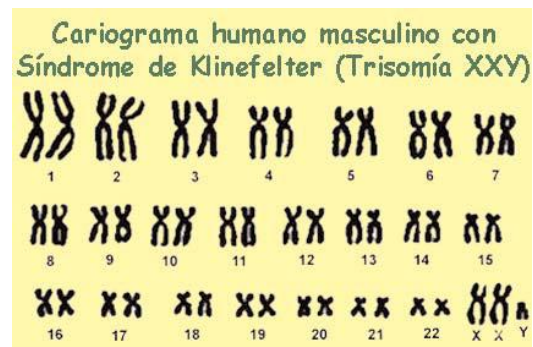


Imagen 14. Ejemplos de mutaciones genómicas. [Gobierno de Aragón.](#)

Un ejemplo de mutación **cromosómica** en la especie humana es “**Le cri du chat**” (**maullido de gato**), una **delección**, pérdida de un fragmento del cromosoma 5, que se caracteriza por **microcefalia**, **retraso mental profundo** y **detención del crecimiento**. El nombre alude al tipo de llanto particular de los bebés con este síndrome.

5 Biotecnología

La biotecnología se puede definir como un conjunto de procesos que utilizan seres vivos o sus productos para obtener o modificar otros productos.

Sin conocer su fundamento, el hombre ha utilizado la biotecnología desde los tiempos remotos.

Se distinguen dos tipos de biotecnología:

5.1 Biotecnología tradicional

Se basa en el empleo de seres vivos para la obtención de productos de interés.

Las industrias alimentarias se encuentran entre las más conocidas, empleando microorganismos se obtienen bebidas alcohólicas, pan y productos lácteos.

La cerveza, el pan, el yogur y el queso son alimentos que se han consumido desde hace mucho tiempo.

Además de alimentos, existen otros productos obtenidos por biotecnología utilizando microorganismos, como son las vacunas, los antibióticos y algunas sustancias que se utilizan en la industria.

En la conservación del medio ambiente también se han utilizado microorganismos, por ejemplo para descomponer la materia orgánica de la basura y en las plantas depuradoras de aguas residuales, o para degradar hidrocarburos en los vertidos de petróleo.

5.2 Biotecnología actual

Consiste en la utilización de técnicas de manipulación del ADN, para la obtención de individuos que den lugar a productos de interés o para mejorar la producción. Esta biotecnología moderna requiere el uso de técnicas de ingeniería genética.

5.2.1. Ingeniería genética

Es el conjunto de técnicas que permiten manipular el material genético. El conocimiento de los genes ha hecho posible, en las últimas décadas, modificar la información genética de algunas especies para diseñar organismos con características determinadas.

La **ingeniería genética** permite analizar, aislar, multiplicar, modificar, suprimir o añadir genes a las moléculas de ADN de los organismos. Así se pueden identificar, cortar y empalmar genes procedentes de dos seres pertenecientes a la misma o a distinta especie, creando combinaciones (*ADNs recombinantes*) que no existen en la naturaleza.

Tecnología del ADN recombinante:

- Se localiza el gen que se quiere manipular.
- Se aísla el gen, para ello se utilizan unas enzimas llamadas endonucleasas de restricción “tijeras moleculares”, que cortan el ADN.
- Se une el gen a una molécula de ADN transportador (vector), perteneciente a una bacteria o a un virus, obteniéndose ADN recombinante.
- Se introduce el ADN recombinante en una célula.
- Se seleccionan las células que han incorporado la información. Así se pueden obtener copias del gen que nos interese, o proteínas como hormonas (insulina, del crecimiento) enzimas,.....

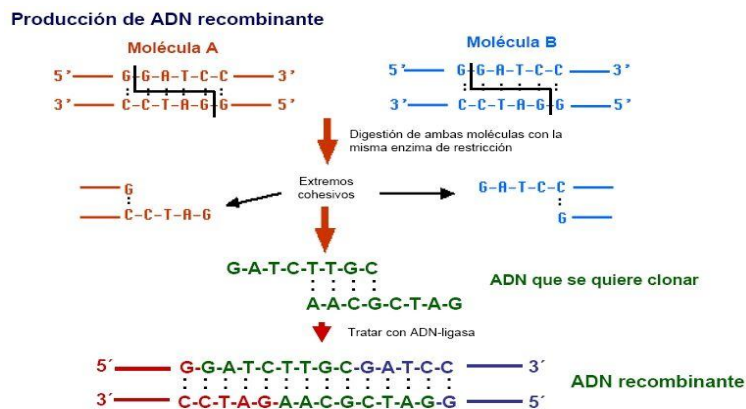


Imagen 15. Producción de ADN recombinante. Fotosimagenes.org

5.2.2. Clonación

La palabra **clon** significa copia exacta. Con la ingeniería genética podemos obtener clones de ADN, de células o de organismos completos. Así, se pueden distinguir tres tipos de clonación:

- Clonación de ADN, de genes.
- Clonación de células: con esta técnica podemos obtener células iguales. De esta forma se crean tejidos reparadores de otros que estén enfermos o deteriorados, sin que se produzca rechazo por parte del enfermo.
- Clonación de organismos completos: se obtienen individuos que son genéticamente idénticos.

Clonación de genes

Se pueden clonar genes con la tecnología del ADN recombinante, pero existe otra técnica más rápida en la que se obtiene un mayor número de copias, llamada **PCR** (Reacción en cadena de la polimerasa) o amplificación del ADN, que consiste en separar las dos hebras del ADN que se quieren copiar, se añaden nucleótidos y enzimas que los unen, ADN polimerasa, y se forman las hebras complementarias de cada una de las separadas, se repite el proceso y así se obtienen gran número de copias en poco tiempo.

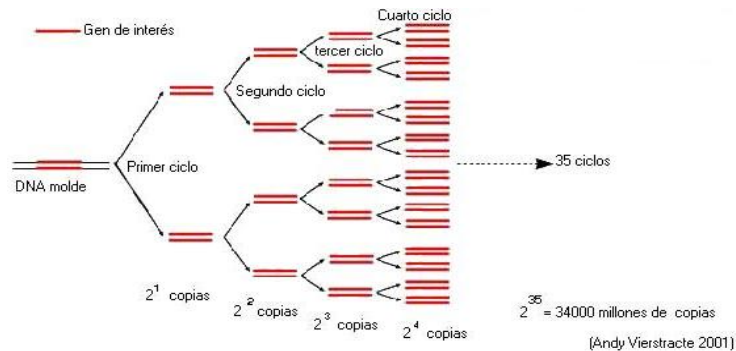


Imagen 16. PCR. [Universidad Salamanca](#)

Clonación de organismos

Obtener clones de plantas es sencillo. A partir de un fragmento de la planta, obtenemos una planta nueva, un clon.

Clonar animales es más complicado, se puede conseguir separando células embrionarias o implantando un núcleo en un óvulo, al que se ha extirpado el suyo. Este procedimiento fue el que se hizo con la famosa oveja Dolly, en 1996.

Se extrae el núcleo (2n) de una célula somática del individuo original y se introduce en un óvulo de su misma especie, al que previamente se le ha extraído el núcleo (n). El óvulo así manipulado se comporta como si hubiera sido fecundado y comienza a dividirse para originar un embrión, que se implanta en el útero de una hembra portadora. Si el embrión llega a término, dará lugar a un animal idéntico al donador del núcleo introducido, ya que contiene su mismo ADN, es decir su misma información genética.

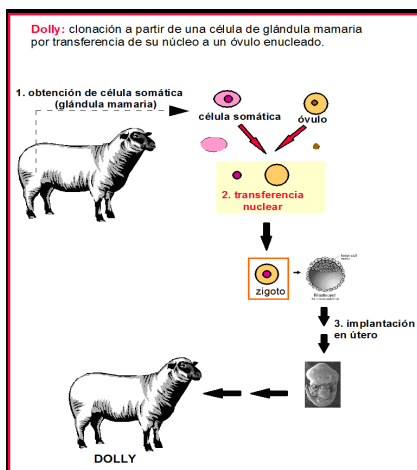


Imagen 17. Clonación de Dolly. [Universidad de Navarra](#)

La clonación de animales parece que va a permitir recuperar especies en peligro de extinción e incluso extinguidas, obtener mejoras controladas y más rápidas en razas de ganado o producir animales que fabriquen proteínas humanas o medicamentos importantes.

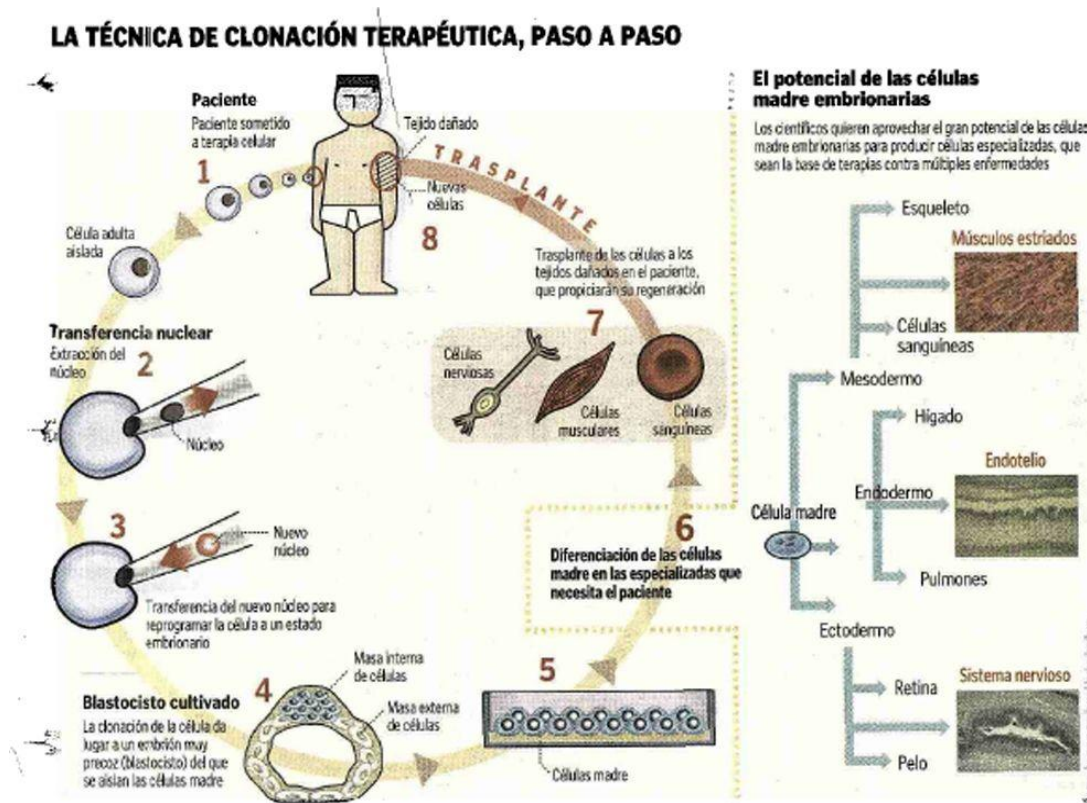


Imagen 18. Clonación terapéutica. fotosimágenes.org

En el caso de los seres humanos, sólo está legalmente permitida la **clonación terapéutica**; consistente en multiplicar o **clonar células** indiferenciadas (células madre), que se cultivan para producir diversos tejidos y órganos. La clonación plantea numerosas cuestiones éticas, como por ejemplo si es legítimo obtener las células madre a partir de embriones o sólo es correcto extraerlas a partir de tejidos y órganos adultos.

5.2.3. Organismos genéticamente modificados

Los organismos genéticamente modificados (OGM) son aquellos a los que, mediante técnicas de ingeniería genética, se les ha alterado su ADN.

Los individuos **transgénicos** son un tipo de OGM. Se crean introduciendo un gen de un ser vivo en el ADN de otro individuo de una especie totalmente distinta, por ejemplo se puede introducir, en el ADN de una planta, un gen de una bacteria. De esta forma se consiguen individuos con características distintas a los individuos naturales.

Se ha conseguido, por ejemplo, insertar genes de insulina humana en bacterias o genes de hormona de crecimiento humana en ratones, que los expresan como si fueran genes propios.

También se han obtenido plantas, como patatas y fresas, que resisten las heladas o que fabrican ciertos insecticidas, como sucede en maíz transgénico, y peces que pueden sobrevivir en ambientes mucho más fríos que los que habitaban originalmente.

Los alimentos que los contienen son los llamados **alimentos transgénicos**.

El proceso de consecución de un individuo transgénico es enormemente complejo y costoso, especialmente cuando se trata de un mamífero.

Se llaman organismos **transgénicos** a los organismos genéticamente modificados mediante la introducción de un gen de otra especie totalmente diferente.

6 Aplicaciones de la biotecnología actual

6.1 Aplicaciones de la ingeniería genética en microorganismos

Aplicaciones médicas y farmacológicas

Las técnicas de ingeniería genética de ADN recombinante permiten identificar y aislar un gen concreto, ya conocido y de efectos deseados, y transferirlo a una célula de otra especie, generalmente una bacteria, que lo incorpora como si fuese propio y fabrica el producto que codifica el gen.

Así se producen moléculas muy útiles, como la insulina, la hormona de crecimiento o proteínas sanguíneas: factores de coagulación, antibióticos, y algunas vacunas, como las de la hepatitis A y B.

Aplicación medioambiental

Cada vez es más habitual el uso de microorganismos genéticamente modificados para algunas aplicaciones medioambientales. Por ejemplo, a las bacterias que degradan el petróleo de forma natural la ingeniería genética les confiere una mayor resistencia a determinadas condiciones ambientales.

También se están utilizando bacterias modificadas genéticamente para degradar residuos de origen industrial, agrícola o urbano, así como aguas o suelos contaminados con metales pesados.

6.2 Aplicaciones de la ingeniería genética en la agricultura: plantas transgénicas

Las plantas transformadas presentan características como, por ejemplo:

- Resistencia a parásitos o a depredadores, introduciéndoles genes que producen toxinas, como en el caso del maíz.
- Resistencia a herbicidas: la soja, el algodón y el maíz, lo que permite erradicar malas hierbas.
- Crecimiento más rápido o adaptación a condiciones ambientales adversas.
- Según se vayan identificando nuevos genes, las plantas transgénicas podrán ser más resistentes al frío y a la sequía, o tolerar suelos salinos o altamente contaminados.
- También se les podría introducir genes humanos para obtener determinadas proteínas de uso farmacológico.

6.3 Aplicaciones de la ingeniería genética en animales

Las aplicaciones de la ingeniería genética en animales son diversas:

- Mejora de la producción ganadera: se está investigando para obtener ejemplares de animales de mayor valor productivo (mayor producción de leche, mejor calidad de la carne o mayor velocidad de crecimiento).
- Conservación de especies en peligro de extinción.
- Obtención de fármacos. Combinando la clonación con la modificación genética se pueden obtener clones de animales productores de medicamentos, como por ejemplo, clones de cabras que contienen, en su leche, proteínas medicinales, para tratar determinadas enfermedades de los seres humanos.
- Obtención de órganos animales (de cerdos) con genes humanos, para no ser rechazados en trasplantes.
- Nutrición: animales con carnes y huevos con menos colesterol y grasas.

6.4 Otras aplicaciones

Comparando muestras de ADN:

- En investigación policial y medicina forense, para identificación de los supuestos implicados en un hecho delictivo o identificación de víctimas.
- En pruebas de paternidad.
- En estudios históricos y arqueológicos.

7 Implicaciones de la ingeniería genética

Mediante ingeniería genética es posible modificar la información genética y adaptarla al interés humano. Las implicaciones de esta posibilidad son enormes, las expectativas sobre el tratamiento de enfermedades genéticas abren una vía de esperanza y los transgénicos podrán mejorar la alimentación, sin embargo la ingeniería genética también crea recelos y temores.

Existen grupos y personas que son activos detractores de estas técnicas, que resaltan determinados riesgos relacionados con el desconocimiento de sus consecuencias.

- **Medio ambiente**

Pérdida de biodiversidad, las plantas transgénicas pueden invadir ecosistemas naturales y desplazar a las plantas autóctonas.

Los genes transferidos pueden pasar de modo accidental a otras especies silvestres y podrían aparecer malas hierbas resistentes a herbicidas o bacterias patógenas resistentes a los antibióticos.

- **La salud de las personas**

Efectos perjudiciales para la salud, los alimentos genéticamente modificados pueden ser causa de problemas alérgicos.

Las bacterias y los virus modificados podrían diseminarse desde los laboratorios y llegar al ser humano.

En investigaciones para xenotrasplantes a partir de cerdos se produjo una moratoria al descubrirse que, con frecuencia, esos animales son portadores de virus y alguna variante vírica podría afectar al ser humano.

- **Socioeconómicas**

Su uso puede beneficiar o perjudicar los intereses de diferentes grupos sociales, por ejemplo la desaparición de cultivos tradicionales y la dependencia de las empresas productoras y distribuidoras de transgénicos están siendo desastrosas para los países en vías de desarrollo.

Las técnicas utilizadas conllevan dilemas **éticos** muy importantes porque afectan a la vida humana, como la posibilidad de interferir en las características de los hijos y en la obtención de seres humanos modificados.

Afortunadamente, ya en 1977, la Unesco proclamó la inviolabilidad del genoma humano, declarando que ninguna parte del mismo es patentable y existen ya numerosos comités internacionales de Bioética, que aconsejan seguir siempre el “principio de precaución” y velan por el respeto a los valores éticos en todas las investigaciones biotecnológicas.

Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos (UNESCO 1977): art 1º: "El Genoma Humano es Patrimonio de la Humanidad".
Prohibición de clonación con fines reproductivos o experimentales en seres humanos (Consejo de Europa 1997).

En nuestro país la Ley de Investigación Biomédica regula la utilización de la biotecnología y la ingeniería genética, prohibiendo de forma expresa la clonación reproductiva y la creación de embriones destinados a la investigación.

8 El Proyecto Genoma Humano

En 1990 comenzó la investigación sobre el genoma humano, con el llamado **Proyecto Genoma Humano**, con el objeto de conocer todos los genes de nuestra especie, su secuencia de nucleótidos y su modo de expresarse. En él han colaborado científicos de diversos países, tanto desde el ámbito público como del privado.

En el 2003 se completó la secuenciación y se publicaron sus resultados finales, pero se sigue trabajando para analizar e interpretar la información acumulada.

Entre sus **conclusiones** cabe destacar:

- Contiene unos 3.200 millones de pares de nucleótidos.
- Tenemos alrededor de 25.000 genes (y no más de 100.000 como se creía), de los que 99,9% son idénticos en todas las personas, sólo aproximadamente el 0,1% de las secuencias del ADN humano difiere de unos individuos a otros.
- Además compartimos muchos de ellos con otras especies: el 60% con las moscas, más del 90% con los ratones y hasta el 98% con los chimpancés.
- Sólo el 3% del genoma contiene información para la síntesis de proteínas, el resto es el llamado "ADN basura". Se sospecha que las regiones de ADN que aparentemente carecen de genes deben tener un importante papel regulador en la expresión del material hereditario y en la aparición de las características de cada organismo, por eso mejor llamarlo "ADN de función desconocida" en lugar de ADN basura.

Tarea pendiente

Secuenciar los genes ha sido una tarea mucho más sencilla que conocer su función. Aunque el proceso es complejo, mediante ingeniería genética se pueden insertar ahora genes en un organismo o sustituirlos por otros alterados y crear así mutantes artificiales, en los que estudiar

los cambios que se producen. Como compartimos más del 90% de los genes con los ratones y son fáciles de mantener y criar en los laboratorios, han sido elegidos como modelos para estudiar los genes humanos y llegar así a comprender mejor nuestro genoma. Desde un punto de vista biológico, el PGH ha sido sólo el preámbulo de otro más interesante y dinámico, llamado **Proyecto Proteoma Humano**, que permitirá conocer cómo nuestros genes originan las proteínas, cuyas funciones mantienen nuestra vida.

8.1 Aplicaciones del conocimiento del genoma humano

Del conocimiento del genoma humano se esperan aplicaciones directas en el campo de la salud, como la posibilidad de detectar y curar enfermedades genéticas antes de que se produzcan, cambiar genes defectuosos (**terapia génica**) o diseñar fármacos personalizados teniendo en cuenta las características genéticas de cada paciente, etc.

Pero también existe el riesgo del mal uso de los informes genéticos humanos, que deben ser siempre voluntarios y confidenciales, para evitar discriminar a personas portadoras de ciertos genes.

Glosario

ADN: Ácido desoxirribonucleico, es el material genético. Es la molécula que lleva codificada la información genética.

ADN recombinante: Molécula de ADN formada por la unión de fragmentos de ADN de origen diferente.

Alimento transgénico: Alimento obtenido de o con la colaboración de organismos genéticamente modificados.

ARN: (Ácido ribonucleico). Molécula formada de nucleótidos que tienen ribosa y las bases nitrogenadas son A, C, G y U. Su estructura es una cadena sencilla de nucleótidos. Hay esencialmente 3 tipos de ARN: ARNm, ARNt y ARNr.

ARN mensajero (RNAm): Molécula que contiene la información que ha de traducirse a proteínas.

ARN ribosómico (RNAr): Son moléculas de ARN que forman los ribosomas, que es donde se realiza la síntesis de proteínas.

ARN transferente (RNAt): es un grupo de pequeñas moléculas de ARN que llevan los aminoácidos al ribosoma, donde se unen para formar las proteínas.

Biotecnología: conjunto de procesos que utilizan seres vivos o sus productos para obtener o modificar otros productos. En muchos casos estos procesos implican el uso de organismos modificados por ingeniería genética.

Código genético: Conjunto de tripletes o codones que codifican los distintos aminoácidos que forman las proteínas.

Codón: Triplete de nucleótidos que codifica un aminoácido.

Clon: Copia genéticamente idéntica de un gen, una célula o un organismo.

Clonación: Procedimiento por el que se obtienen clones, es decir, grupos de organismos o de células genéticamente idénticas.

Gen: Fragmento de ADN que lleva codificada la información para un determinado carácter.

Genoma: Conjunto de material genético (ADN) de una célula, individuo o especie.

Ingeniería genética: Conjunto de técnicas que se usan para alterar la información genética de los organismos.

Mutación: Cualquier cambio en la información del ADN.

Mutágeno: Cualquier agente físico o químico que produce cambios en el ADN (mutaciones).

Nucleótido: Cada una de las subunidades que se unen para formar ADN o ARN.

PCR: (Reacción en cadena de la polimerasa), es una técnica para obtener copias de ADN.

Proyecto Genoma Humano: Programa Internacional de investigación, que se propuso cartografiar y secuenciar los genes del ADN humano.

Síndrome: Grupo de síntomas que concurren a la vez y caracterizan una enfermedad.

Tecnología del DNA recombinante: Conjunto de técnicas para combinar moléculas de ADN *in vitro* e introducirlas en una célula u organismo, donde se replican y expresan su nueva información.

Traducción: es la síntesis de una proteína a partir de una molécula de RNAm.

Transcripción: Consiste en la síntesis de una molécula de ARN a partir de una molécula de ADN.

Transgénico: Organismo cuyo genoma ha sido modificado por ingeniería genética.

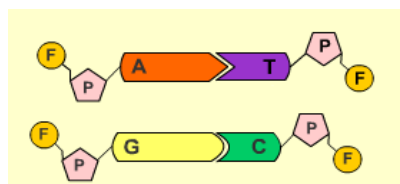
Vector: En ingeniería genética, entidad utilizada para introducir ADN recombinante en una célula.

Actividades

1. ¿A qué se llama código genético?
2. ¿Qué beneficios crees que puede proporcionar la manipulación genética?
3. Conceptos de ingeniería genética y biotecnología.
4. Escribe la secuencia complementaria de la siguiente secuencia de ADN:
TTGCCTACGTATG.
5. ¿Por qué es importante que, cuando se duplica el ADN, no haya errores?
6. ¿Qué es un transgénico? ¿Qué diferencia existe con uno genéticamente modificado?
7. Copia y completa:

Ácido nucleico	Bases nitrogenadas	Glúcido
		Ribosa
ADN		

8. Explica las diferencias que se dan entre la biotecnología moderna y la tradicional.
9. ¿Qué pasos habría que seguir para clonar un animal?
10. ¿Qué objetivos tienen los Proyectos Genoma?
11. Enumera las conclusiones que se obtienen a partir de los datos extraídos del Proyecto Genoma Humano.
12. Indica tres beneficios que se pueden obtener con el uso de la ingeniería genética.
13. Indica tres posibles inconvenientes derivados del uso de la ingeniería genética.
14. A partir de esta secuencia de un ARN mensajero, ACG-CCA-UCA-GGA-. ¿Qué cadena de aminoácidos se sintetizaría?
15. ¿Qué representa el dibujo? ¿De qué molécula se trata? ¿Por qué lo sabes?



16. Una alteración en la información del ADN ¿qué es? ¿Qué tipos de alteraciones conoces?

17. Se ha obtenido una cadena de nucleótidos como la que sigue:

ATCACCAGTTTGTTTC

- ¿A qué tipo de molécula pertenece?
- ¿Cuál sería la secuencia de una cadena complementaria?
- ¿Al transcribirse la primera cadena a qué ARN dará lugar?
- ¿Cómo se llamaría un cambio en el orden de los nucleótidos de la primera cadena?

18. Tenemos un trozo de molécula de ARN mensajero con esta secuencia: - AGC-CCA-UGC-CCC-. Averiguar la cadena de aminoácidos que codifica:

- -pro-glu-ala-pro-
- -ser-pro-cys-pro-
- -ser-glu-ala-pro-
- -pro-cys-glu-pro-

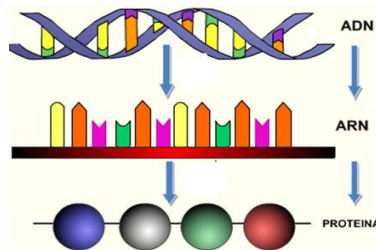
19. ¿Qué aplicaciones permite el Proyecto Genoma Humano?

20. Haz un esquema de cómo se puede obtener un ratón con un gen humano.

21. ¿Todos los procesos biotecnológicos se basan en la manipulación genética? Si no es así, indica algún proceso en el que no se utilice.

22. ¿Cómo podría curarse una enfermedad debida a la falta de una sustancia causada por un gen defectuoso, por ejemplo debida a la falta de insulina? Si existen varias posibilidades, indica cuál es posible.

23. Explica lo representado en el dibujo.



24. Relaciona las constituciones cromosómicas siguientes con la alteración genética que le corresponda: 44+XO, 44+XXY, 44+XYY.

25. ¿Cuántos autosomas y cuántos cromosomas sexuales tienen las personas con las siguientes alteraciones:

- Síndrome de Down.
- Síndrome de Klinefelter.
- Síndrome de Patau.

26. Explica cómo se consigue que las dos cromátidas de un cromosoma sean idénticas.
27. Si como consecuencia de una exposición excesiva al Sol una persona padece un cáncer de piel, ¿lo heredarán sus descendientes? Explícalo.
28. Define gen. ¿En qué se diferencian dos genes?
29. ¿Crees que el cultivo de un transgénico puede tener ventajas para el medio ambiente? ¿Y desventajas? ¿Cuáles?
30. Dicen que Dolly tuvo tres madres pero ¿de cuál era un clon?
31. ¿Qué importancia tienen las mutaciones en la evolución de las especies?

Ejercicios de autocomprobación

1. Completa:

EL ARNm es la molécula que lleva la información genética desde _____ hasta los _____ que son los orgánulos donde se sintetizan las _____ por unión de _____.

El ARNm se forma a partir de la molécula de _____.

Hay _____ tipos de ARN _____. El ADN y el ARN tienen en común las bases nitrogenadas _____.

2. Verdadero o falso:

- a) *El ADN se duplica antes de dividirse la célula.*
- b) *Cada organismo tiene su propio código genético.*
- c) *EL U no aparece en el ADN.*
- d) *A cada codón le corresponde un aminoácido.*

3. Si una proteína tiene 270 aminoácidos, ¿cuántos nucleótidos tendrá la cadena de ADN necesaria para formarla?

4. Cuando un individuo tiene una trisomía en el par 21 tiene:

- a) *El síndrome del "maullido de gato".*
- b) *El síndrome de Edwards.*
- c) *El síndrome de Down.*
- d) *El síndrome de Patau.*

5. Existen tres tipos de mutaciones:
- Génicas, cariotípicas y genómicas.*
 - Génicas, genotípicas y genómicas.*
 - Génicas, genotípicas y cromosómicas.*
 - Genómicas, alélicas y génicas.*
6. Las mutaciones afectan:
- Sólo a las células sexuales.*
 - Son siempre perjudiciales.*
 - Se pueden producir en todas las células.*
 - No afectan a los genes.*
7. Si un individuo tienen una trisomía:
- Tiene un cromosoma de más.*
 - Tienen triplicado el cromosoma sexual Y.*
 - Tiene un cromosoma de menos.*
 - Tiene tres cromosomas extras.*
8. Una mutación es:
- Un cambio en la información genética.*
 - Un cambio en la forma de heredar los caracteres.*
 - Un cambio en los orgánulos celulares.*
 - Un cambio en las moléculas que tiene una célula.*
9. Cuando hay una mutación:
- El individuo siempre sale perjudicado.*
 - Nunca hay un perjuicio.*
 - Puede dar origen a caracteres que resultan ventajosos para los individuos.*
 - Siempre hay un beneficio.*
10. ¿Cuántas “palabras”, tripletes tiene el código genético?:
- 64
 - 56
 - 80
 - 68

11. Los genes en los cromosomas se encuentran:
- a) *Formando paquetes de dos en dos.*
 - b) *Ordenados linealmente.*
 - c) *No se encuentran en los cromosomas.*
 - d) *Rodeados por la membrana nuclear.*
12. ¿Cómo sería la cadena de ADN complementaria a la definida por la secuencia AGTTCA?
- a) *TCAAGT*
 - b) *ACTTGA*
 - c) *CTGGAC*
 - d) *AGTTCA*
13. El proceso de la síntesis de proteínas también se denomina:
- a) *Traducción.*
 - b) *Replicación.*
 - c) *Transcripción.*
 - d) *Autoduplicación.*
14. ¿Qué nucleótido se asocia al que contiene Guanina (G)?
- a) *El que tiene adenina (A).*
 - b) *El que tiene citosina (C).*
 - c) *El que tiene timina (T).*
 - d) *Cualquiera de los anteriores.*
15. El dogma central de la Biología molecular puede resumirse en:
- a) *ADN----->PROTEINAS----->ARN*
 - b) *ADN----->ARN----->PROTEINAS*
 - c) *ARN----->ADN----->PROTEINAS*
 - d) *PROTEINAS----->ARN----->ADN*
16. Señala la correcta. Un gen es:
- a) *Una secuencia de nucleótidos que tiene información sobre un cromosoma.*
 - b) *Una secuencia de nucleótidos que guarda información sobre un aminoácido.*
 - c) *Una secuencia de aminoácidos que tiene información sobre una proteína.*
 - d) *Una secuencia de nucleótidos que guarda información sobre una proteína.*

17. Verdadero o falso:

- a) *En biotecnología tradicional se manipula el ADN de los organismos utilizados.*
- b) *Los individuos clónicos son casi idénticos genéticamente.*
- c) *La Biotecnología moderna requiere el uso de técnicas de ingeniería genética.*
- d) *Casi todo el ADN es igual en todos los seres humanos.*
- e) *Se forma un clon al introducir en un individuo ADN de otra especie diferente.*
- f) *El Proyecto Genoma Humano descifró la secuencia de ADN de la especie humana.*
- g) *Con los organismos genéticamente modificados se pueden producir alimentos de mayor calidad nutricional.*
- h) *El Proyecto Genoma descifró la función de nuestra secuencia genética.*
- i) *Todos los organismos transgénicos están genéticamente modificados.*
- j) *El yogur es un alimento que se obtiene por biotecnología.*
- k) *El pan es un alimento que se obtiene por biotecnología.*
- l) *Todos los organismos genéticamente modificados son transgénicos.*
- m) *La UNESCO prohíbe la clonación con fines reproductivos o experimentales.*

18. Ordena de menor a mayor contenido de material genético.

- a) *Genoma.*
- b) *Gen.*
- c) *Base nitrogenada.*
- d) *Cromosoma.*
- e) *Nucleótido.*

19. Verdadero o falso.

- a) *El ARN es una molécula más grande y compleja que el ADN.*
- b) *Todos los seres vivos tienen ARN.*
- c) *El ADN está formado por dos cadenas de nucleótidos complementarios.*
- d) *La doble hélice es la estructura habitual del ARN.*
- e) *En la síntesis de proteínas intervienen ARNm, ARNt y ARNr.*

20. Relaciona:

a) Traducción.	1. Proceso de síntesis de ADN.
b) Replicación.	2. Proceso de síntesis de ARN.
c) Código o clave genética.	3. Molécula que transporta aminoácidos hasta los ribosomas.
d) Aminoácidos.	4. Proceso de síntesis de proteínas.
e) Transcripción.	5. Unidades que componen las proteínas.
f) ARNt.	6. Correspondencia entre codones y aminoácidos.
a)_____, b)_____, c)_____, d)_____, e)_____, f)_____.	

21. Señala las correctas. Las mutaciones:

- a) *Afectan a cualquier tipo de cromosoma.*
- b) *Pueden ser provocadas por factores ambientales.*
- c) *Favorecen el aumento de la biodiversidad.*
- d) *Perjudican la evolución de las especies.*
- e) *No se heredan.*
- f) *Son más graves cuanto mayor es la cantidad de material genético afectado.*
- g) *Son fallos en la duplicación del ADN o en la división celular.*

22. Completa:

La ingeniería genética permite analizar y modificar los _____ de los seres vivos. Un organismo _____ contiene algún _____ de otra especie. Las técnicas de manipulación genética presentan numerosos problemas _____. Para tratar de evitarlos han surgido comités nacionales e internacionales de _____. El proyecto _____ ha permitido corroborar que las diferencias genéticas entre las personas sean mínimas (Bioética, Genoma Humano, gen, genes, éticos, transgénico).

23. Los individuos afectados por el síndrome de Klinefelter tienen:

- a) *44 autosomas +XY.*
- b) *44 autosomas +XYY.*
- c) *44 autosomas +XXY.*
- d) *44 autosomas +XO.*

24. El síndrome conocido como “maullido de gato” está producido por:

- a) Una duplicación en la pareja de cromosomas sexuales.
- b) Una variación en el número de cromosomas.
- c) Una alteración en la estructura del cromosoma.
- d) Una alteración en la estructura de un gen.

25. Completa:

La Biotecnología moderna requiere el uso de técnicas de _____.

La palabra _____ significa copia exacta.

Con la _____ se crean tejidos reparadores de otros que estén enfermos o deteriorados.

Se llaman organismos _____ a los organismos genéticamente modificados mediante la introducción de un gen de otra especie totalmente diferente.

Los organismos _____ son aquellos a los que mediante técnicas de ingeniería genética se les han alterado su _____.

No existe relación entre la complejidad de un organismo y su número de _____.

El _____ % de la información genética es igual en todos los seres humanos.

La Ley de Investigación Biomédica prohíbe de forma expresa la _____ y la creación de embriones destinados a la _____.

Soluciones a los ejercicios de autoevaluación

1. Completa:

EL ARNm es la molécula que lleva la información genética desde **el núcleo** hasta los **ribosomas** que son los orgánulos donde se sintetizan las **proteínas** por unión de **aminoácidos**.

El ARNm se forma a partir de la molécula de **ADN**.

Hay **3** tipos de ARN: **ARNm, ARNr y ARNt**. El ADN y el ARN tienen en común las bases nitrogenadas **A, C y G**.

2. Verdadero o falso:
- a) *El ADN se duplica antes de dividirse la célula. **Verdadero.***
 - b) *Cada organismo tiene su propio código genético. **Falso,** el código genético es universal.*
 - c) *EL U no aparece en el ADN. **Verdadero,** es exclusiva del ARN.*
 - d) *A cada codón le corresponde un aminoácido. **Verdadero.***
3. Si una proteína tiene 270 aminoácidos, ¿cuántos nucleótidos tendrá la cadena de ADN necesaria para formarla?
- *910, cada aminoácido es nombrado por 3 nucleótidos.*
4. Cuando un individuo tiene una trisomía en el par 21 tiene:
- c) *El síndrome de Down.*
5. Existen tres tipos de mutaciones:
- c) *Génicas, genotípicas y cromosómicas.*
6. Las mutaciones afectan:
- c) *Se pueden producir en todas las células.*
7. Si un individuo tienen una trisomía:
- a) *Tiene un cromosoma de más.*
8. Una mutación es:
- a) *Un cambio en la información genética*
9. Cuando hay una mutación:
- c) *Puede dar origen a caracteres que resultan ventajosos para los individuos.*
10. ¿Cuántas “palabras”, tripletes tiene el código genético?:
- a) *64.*
11. Los genes en los cromosomas se encuentran:
- b) *Ordenados linealmente.*
12. ¿Cómo sería la cadena de ADN complementaria a la definida por la secuencia AGTTCA?
- a) *TCAAGT*

13. El proceso de la síntesis de proteínas también se denomina:
- a) *Traducción*
14. ¿Qué nucleótido se asocia al que contiene Guanina (G)?
- a) *El que tiene adenina (A)*
 - b) *El que tiene citosina (C)*
 - c) *El que tiene timina (T)*
 - d) *Cualquiera de los anteriores.*
15. El dogma central de la Biología molecular puede resumirse en:
- b) *ADN ----->ARN ----->PROTEINAS*
16. Señala la correcta. Un gen es:
- d) *Una secuencia de nucleótidos que guarda información sobre una proteína.*
17. Verdadero o falso:
- a) *En biotecnología tradicional se manipula el ADN de los organismos utilizados. **Falso.***
 - b) *Los individuos clónicos son casi idénticos genéticamente. **Falso,** son idénticos.*
 - c) *La Biotecnología moderna requiere el uso de técnicas de ingeniería genética. **Verdadero.***
 - d) *Casi todo el ADN es igual en todos los seres humanos. **Verdadero.***
 - e) *Se forma un clon al introducir en un individuo ADN de otra especie diferente. **Falso,** así se forma un transgénico.*
 - f) *El Proyecto Genoma Humano descifró la secuencia de ADN de la especie humana. **Verdadero.***
 - g) *Con los organismos genéticamente modificados se pueden producir alimentos de mayor calidad nutricional. **Verdadero.***
 - h) *El Proyecto Genoma descifró la función de nuestra secuencia genética. **Falso.***
 - i) *Todos los organismos transgénicos están genéticamente modificados. **Verdadero.***
 - j) *El yogur es un alimento que se obtiene por biotecnología. **Verdadero.***
 - k) *El pan es un alimento que se obtiene por biotecnología. **Verdadero.***
 - l) *Todos los organismos genéticamente modificados son transgénicos. **Falso,** sólo los que llevan genes de otras especies son transgénicos.*
 - m) *La UNESCO prohíbe la clonación con fines reproductivos o experimentales. **Verdadero.***

18. Ordena de menor a mayor contenido de material genético.

- a) Genoma. 5.
- b) Gen. 3.
- c) Base nitrogenada. 1.
- d) Cromosoma. 4.
- e) Nucleótido. 2.

19. Verdadero o falso.

- a) El ARN es una molécula más grande y compleja que el ADN. **Falso**.
- b) Todos los seres vivos tienen ARN. **Verdadero**.
- c) El ADN está formado por dos cadenas de nucleótidos complementarios. **Verdadero**.
- d) La doble hélice es la estructura habitual del ARN. **Falso**, la doble hélice es en el ADN.
- e) En la síntesis de proteínas intervienen ARNm, ARNt y ARNr. **Verdadero**.

20. Relaciona:

a) Traducción.	1. Proceso de síntesis de ADN.
b) Replicación.	2. Proceso de síntesis de ARN.
c) Código o clave genética.	3. Molécula que transporta aminoácidos hasta los ribosomas.
d) Aminoácidos.	4. Proceso de síntesis de proteínas.
e) Transcripción.	5. Unidades que componen las proteínas.
f) ARNt.	6. Correspondencia entre codones y aminoácidos.
a) 4 b) 1 c) 6 d) 5 e) 2 f) 3	

21. Señala las correctas. Las mutaciones:

- a) Afectan a cualquier tipo de cromosoma.
- b) Pueden ser provocadas por factores ambientales.
- c) Favorecen el aumento de la biodiversidad.
- f) Son más graves cuanto mayor es la cantidad de material genético afectado.
- g) Son fallos en la duplicación del ADN o en la división celular.

22. Completa:

*La ingeniería genética permite analizar y modificar los **genes** de los seres vivos. Un organismo **transgénico** contiene algún **gen** de otra especie. Las técnicas de manipulación genética presentan numerosos problemas **éticos**. Para tratar de evitarlos han surgido comités nacionales e internacionales de **bioética**. El proyecto Genoma Humano ha permitido corroborar que las diferencias genéticas entre las personas sean mínimas. (Bioética, Genoma Humano, gen, genes, éticos, transgénico).*

23. Los individuos afectados por el síndrome de Klinefelter tienen:

c) 44 autosomas +XXY

24. El síndrome conocido como “maullido de gato” está producido por:

c) Una alteración en la estructura del cromosoma.

25. Completa:

La Biotecnología moderna requiere el uso de técnicas de ingeniería genética

*La palabra **clon** significa copia exacta.*

*Con la **clonación terapéutica** se crean tejidos reparadores de otros que estén enfermos o deteriorados.*

*Se llaman organismos **transgénicos** a los organismos genéticamente modificados mediante la introducción de un gen de otra especie totalmente diferente.*

*Los organismos **genéticamente modificados** son aquellos a los que mediante técnicas de ingeniería genética se les han alterado su **genoma**.*

*No existe relación entre la complejidad de un organismo y su número de **genes***

*El **99,9%** de la información genética es igual en todos los seres humanos.*

*La Ley de Investigación Biomédica prohíbe de forma expresa la **clonación reproductiva** y la creación de embriones destinados a la **investigación**.*

Bibliografía recomendada

<http://recursostic.educacion.es/>

<http://recursos.cnice.mec.es/>

<http://educativa.catedu.es/>

<http://imperiodelaciencia.files.wordpress.com>

<http://es.wikipedia.org/Wikipedia>

<http://campus.usal.es/>