

 Trabajo en clase

## Introducción

El Ácido Desoxirribonucleico ADN es el tipo de molécula más compleja que se conoce. Su secuencia de nucleótidos contiene la información necesaria para poder controlar el metabolismo de un ser vivo. El ADN es el lugar donde reside la información genética de un ser vivo (Figura 1).

El ADN está constituido por dos cadenas o bandas formadas por una secuencia de unidades llamadas nucleótidos.

Cada nucleótido está formado por tres unidades: una molécula de azúcar llamada desoxirribosa, que es una molécula de cinco carbonos; un grupo fosfato y uno de cuatro posibles compuestos nitrogenados llamados bases: adenina (abreviada como A), guanina (G), timina (T) y citosina (C).

A partir de lo observado en el video contesta la siguiente pregunta:

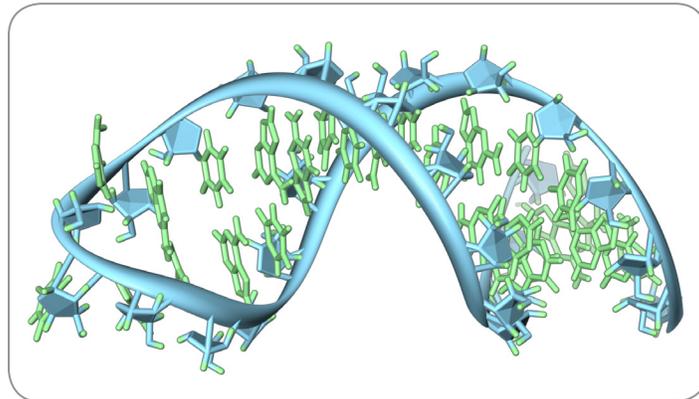


Figura 1. Estructura de ADN

¿Cómo se relaciona el ADN con la herencia?

---

---

---

---

# Objetivos de aprendizaje

Sintetizar los mecanismos que presentan las células para almacenar, procesar y expresar la información genética en su interior.

- Determinar cómo ocurre la transferencia de información genética de los parentales a sus descendientes.
- Establecer relaciones entre los procesos de duplicación del ADN, la mitosis y la meiosis.
- Explicar el proceso de transcripción y traducción del ADN.

## 🔧 Actividad 1

### El ADN y la capacidad de transmitir información

El ácido desoxirribonucleico (ADN) es un conjunto de moléculas "que contiene toda la información genética del ser vivo, y se encuentra distribuido en diversos fragmentos o cromosomas (veintitrés pares en el ser humano) en el núcleo de cada célula (excepción de las células procariontas que se encuentra fuera del núcleo) (Figura 2).

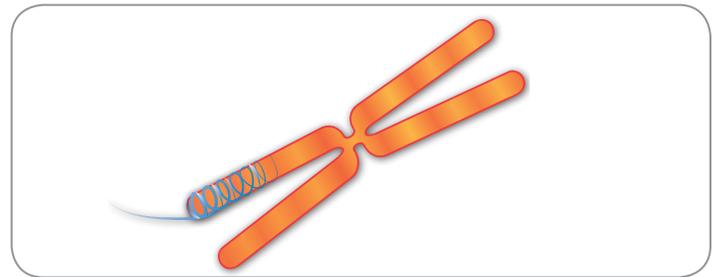


Figura 2. Cromosoma

El genoma es el conjunto de ADN de una célula o de un organismo vivo, y es idéntico en todas las células de un organismo vivo. El ADN consiste en un filamento alargado, formado por dos hebras paralelas, enrolladas sobre un eje imaginario en forma helicoidal a modo de escala (doble hélice). Cada hebra está compuesta por una cadena o sucesión de moléculas o bases nitrogenadas, que forman secuencias: A, T, C y G (adenina, timina, citosina y guanina). Cada base de una hebra o cadena se corresponde o empareja de forma precisa y determinada con la base de enfrente de la otra hebra o cadena: A-T, T-A, C-G o G-C (por tanto no es posible, por ejemplo, la correspondencia de un par de bases A-G, y de producirse, estaríamos ante un error o mutación), cada cadena aporta por sí sola toda la información del ADN. Las bases se agrupan de tres en tres (tripletes o codones), dando lugar hasta 64 combinaciones diferentes, que forman, gracias al código genético, los aminoácidos. (Figura 3).

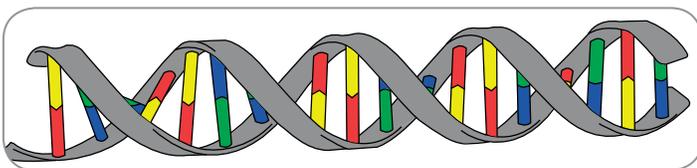


Figura 3. ADN

Los aminoácidos combinados en números variables dan lugar a proteínas. La sucesión de un número variable de bases configuran los genes que, como sabemos, son fragmentos de ADN distribuidos en los cromosomas. Los genes constituyen la unidad física y funcional

de la herencia, por tanto, la unidad de información (Figura 4).

Después de leer la información sobre ADN y la capacidad para transmitir información, una por medio de una línea las imágenes con su correspondiente definición.

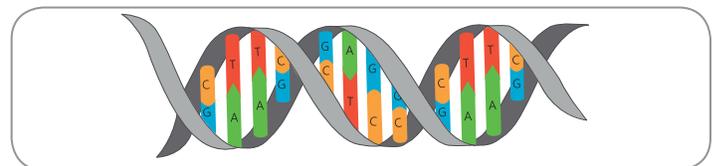
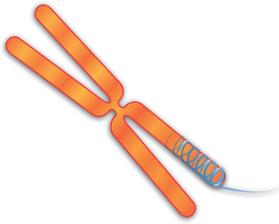


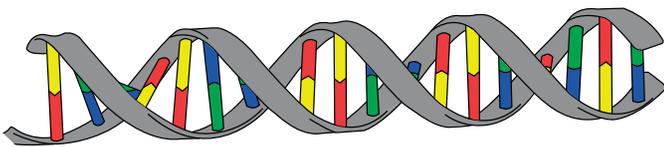
Figura 4. Gen

Después de leer la información sobre ADN y la capacidad para transmitir información, une por medio de una línea las imágenes con su correspondiente definición.



Cromosoma

Cadena de aminoácidos.



ADN

Ácido desoxirribonucleico, contiene instrucciones genéticas.



Nucleótido

Es un compuesto orgánico que está formado por una base nitrogenada, un azúcar y ácido fosfórico.



Gen

Es un segmento corto de ADN, le dicen al cuerpo cómo producir proteínas específicas.



Proteína

Contiene el ácido nucleico (ADN), que se divide en pequeñas unidades llamadas genes.

## Estructura del ADN

El ácido desoxirribonucleico ADN, es el material genético que se transmite de padres, su estructura contiene todas las instrucciones para que un organismo pueda nacer y desarrollarse a partir de su primera célula.

El ADN está constituido por dos cadenas o bandas formadas por una secuencia de unidades llamadas nucleótidos.

Cada nucleótido está formado por tres unidades: una molécula de azúcar llamada desoxirribosa, que es una molécula de cinco carbonos; un grupo fosfato y uno de cuatro posibles compuestos nitrogenados llamados bases: adenina (abreviada como A), guanina (G), timina (T) y citosina (C).

La molécula de desoxirribosa ocupa el centro del nucleótido y está rodeada por un grupo fosfato a un lado y una base al otro. Estas subunidades enlazadas desoxirribosa-fosfato forman los lados de la escalera; las bases están formadas por parejas, mirando hacia el interior, y forman los peldaños. (Figura 5).

### Estructura de un nucleótido

**La desoxirribosa** es una azúcar compuesta por cinco carbonos, donde se alterna con grupos fosfato para formar la "columna vertebral" del polímero de ADN y se une a las bases nitrogenadas, es un monosacárido con la fórmula idealizada  $H-(C=O)-(CH_2)-(CHOH)_3-H$ . Su nombre indica que es un azúcar desoxirribosa, lo que significa que se deriva de la ribosa azúcar por la pérdida de un átomo de oxígeno.

**El grupo fosfato** se compone de un fósforo central rodeado por cuatro átomos de oxígeno. El fósforo es un enlace individual a tres de los oxígenos, y con doble enlace a la cuarta.

**La Adenina**, abreviado "A", tiene una estructura de dos anillos, lo que la hace una de las purinas. Cuando es en ADN, empareja con la timina. Cuando es en el ARN, empareja con uracilo. Adenina también tiene otros trabajos en la célula - forma parte de la molécula de energía ATP y transportadores de electrones, que se utilizan

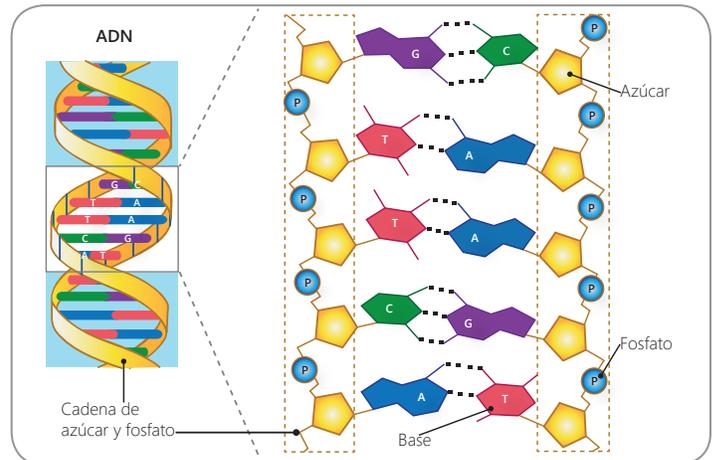


Figura 5. Estructura del ADN

en la respiración celular.

**La Timina** es una pirimidina (un anillo), La fórmula de la timina es  $C_5H_6N_2O_2$ . Está siempre emparejado con adenina a través de dos enlaces de hidrógeno sólo en ADN para estabilizar la estructura del ácido nucleico.

**La Guanina** es parte de ADN y ARN, donde se une con la citosina. Guanina es una purina (que tiene dos anillos). Su fórmula química es  $C_5H_5NO_5$ .

**La Citosina** es parte del ADN y el ARN, y se une a la guanina. Tiene un anillo, por lo que es una pirimidina.

# Guía de observación estructura del ADN

Objetivo:

Nombre del estudiante:

Nombre del docente:

Nombre del video:

Espacio para realizar resumen:

---

---

---

---

Relaciona con una línea las estructuras moleculares de cada unidad de los nucleótidos.

Desoxirribosa

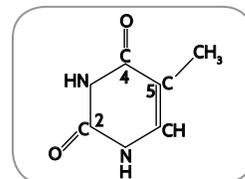
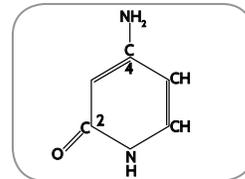
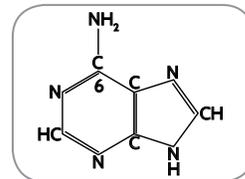
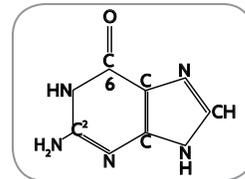
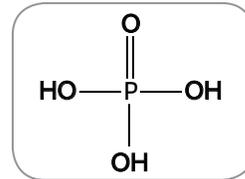
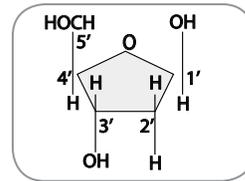
Guanina

Citosina

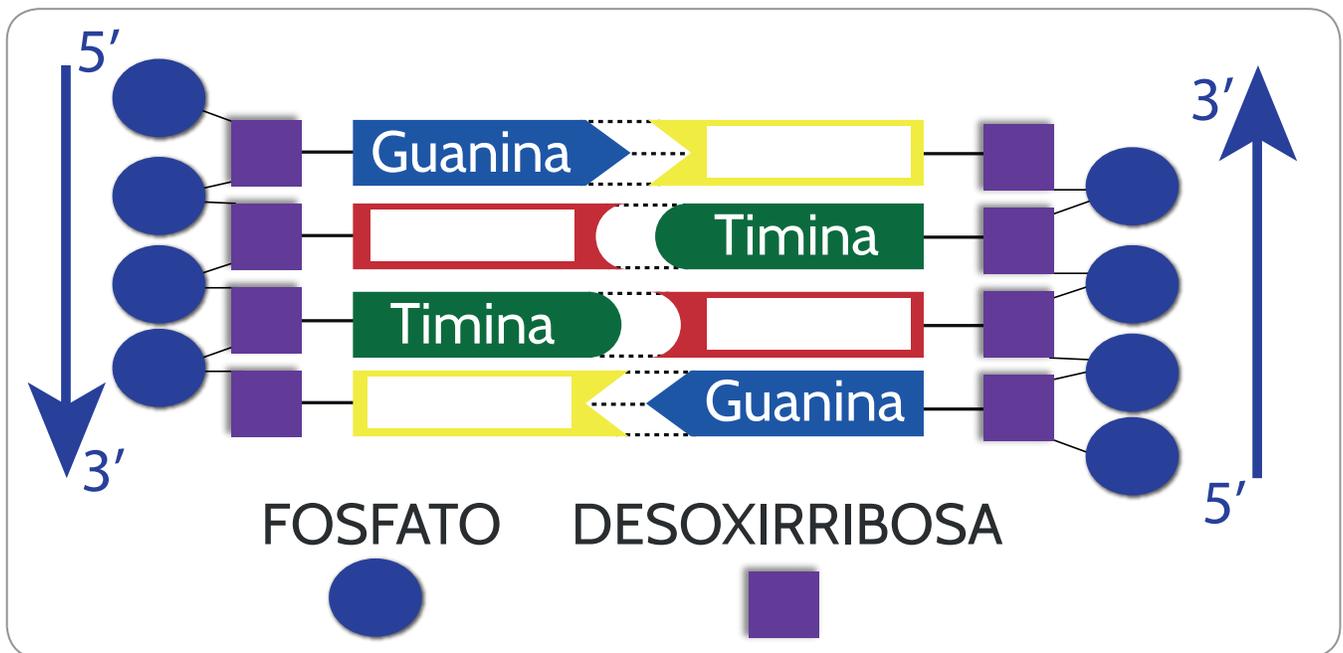
Timina

Adenina

Gripo fosfato o  
Ácido fosfórico



Completa en la siguiente imagen la base que conforma el nucleótido.



## Actividad 2

### Avances científicos sobre la transmisión de la herencia

La genética es una ciencia del siglo XX -pues se inicia con las leyes de Mendel en 1865 y reafirma sus bases después de la segunda guerra mundial 1940.



#### **Gregor Mendel (figura 6)**

Monje austriaco, realizó contribuciones importantes, demostró que las características heredables son aportadas por unidades discretas que se transmiten por separado. En **1865** Mendel llamo a esas unidades discretas "elemente", hoy se conocen como genes.

Figura 6. Gregor Mendel



#### **Friedrich Miescher (figura 7)**

Descubrió en **1869** una sustancia que se llamó "nucleínas". Más tarde aisló una muestra pura del material que ahora se conoce como ADN de espermatozoides de salmón, esta sustancia se encontró que solo existen en los cromosomas.

Figura 7. Friedrich Miescher



#### **Frederick Griffith (figura 8)**

Estaba trabajando en un proyecto en 1928 que formó la base de que el ADN era la molécula de la herencia, partiendo de las investigaciones con ratones y dos tipos de neumonía, uno fue virulenta y el otro no-virulenta.

Griffith especuló que las bacterias virulentas muertas habían pasado sobre una característica a la no virulenta de hacer virulentas. Creía que esta característica era en la molécula de la herencia. Esta transmisión de la molécula de la herencia era lo que él llama transformación.

Figura 8. Frederick Griffith

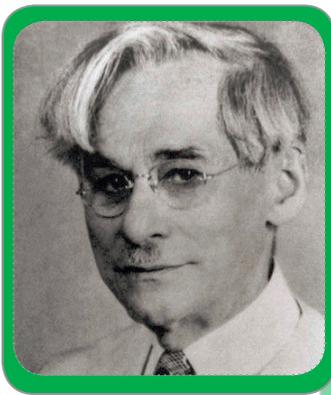


Figura 9. Phoebus Levene

### Phoebus Levene (figura 9)

En 1929 Phoebus Levene en el Instituto Rockefeller identifica los componentes que forman una molécula de ADN. Esos componentes son:

Las cuatro bases Adenina (A), Citosina (C), Guanina (G), Timina (T), Azúcar, Fosfato.

Mostró que los componentes de ADN estaban vinculados en la orden fosfato-azúcar-base. Agregó que cada una de estas unidades es un nucleótido y sugirió que la molécula de ADN consiste en una cadena de unidades de nucleótidos Unidos entre sí a través de los grupos fosfato. Sin embargo, Levene pensó la cadena era corta y que las bases se repiten en el mismo orden fijo.



Figura 10. Erwin Chargaff

### Regla de Erwin Chargaff (figura 10)

Para entender mejor la molécula de ADN, los científicos estaban intentando hacer un modelo para comprender cómo funciona y lo que hace. En el **1940** Chargaff encontró el patrón de las cuatro bases: adenina, citosina, guanina y timina.

Tomaron muestras de ADN de las células diferentes y encontró que la cantidad de adenina era casi igual a la cantidad de timina, y que la cantidad de guanina era casi igual a la cantidad de citosina. Así, se podría decir:  $A = T$  y  $G = C$ . Este descubrimiento se convirtió en regla de Chargaff.



Figura 11. Watson y Crick a la derecha

### Watson y Crick (figura 11)

En **1953**, armaron un modelo de ADN, que no ha cambiado mucho desde entonces. Su modelo mostró una doble hélice con peldaños que conectaban las dos hebras. Estos peldaños fueron las bases de un nucleótido.



### Edwards y Steptoe (figura 12)

En 1978 Edwards y Steptoe (figura 12), consiguen la fertilización in vitro.

Figura 12. Edwards y Steptoe

### Proyecto genoma humano

En 1985 se desarrolla el proyecto genoma humano (figura 13), cuyo objetivo principal era la conocer la secuencia completa del genoma humano y de otros organismos modelos como la bacteria *Escherichia coli*, la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, el gusano *Caenorhabditis elegans*, o la mosca del vinagre *Drosophila melanogaster*. Este proyecto descifró por completo en 1999 el cromosoma 22.

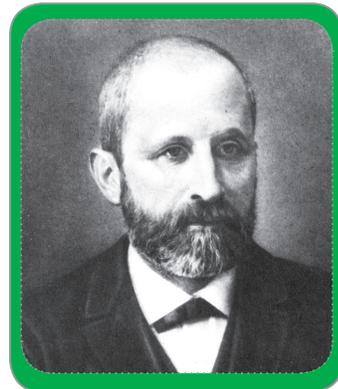


Figura 13. Maquinaria del proyecto genoma humano

Observa la animación de los principales avances científicos del estudio de la transmisión de la herencia, y partiendo de esta información ubica en la siguiente línea de tiempo los eventos sobre las investigaciones de la transmisión de la herencia.



Estudio de Mendel  
1865



Friedrich Miescher  
1869

---

---

---

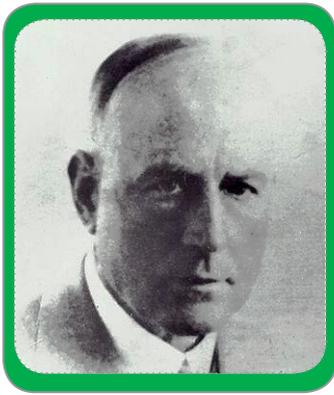
---

---

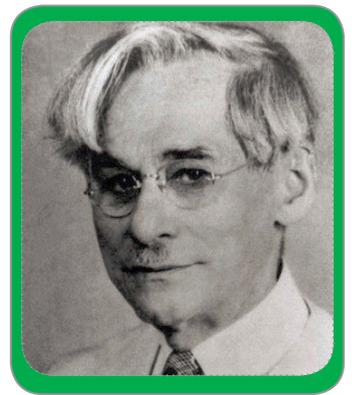
---

---

---



**Frederick Griffith**  
**1928**



**Phoebus Levene**  
**1929**



**Regla de Erwin Chargaff**  
**1940**



**Watson y Crick**  
**1953**



**Edwards y Steptoe**  
**1978**



**Proyecto genoma humano**  
**1985**



1. ¿Qué importancia representa para la genética los estudios de Gregor Mendel?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

2. De los estudios descritos escoge el que consideras más importante y describe el porqué de tú elección.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## El Proyecto Genoma Humano: una nueva realidad <sup>1</sup>

En junio de 1985, en medio de reuniones dirigidas a esbozar la tarea práctica de la secuenciación del genoma humano en la Universidad de California, Santa Cruz, y con las condiciones científicas y tecnológicas de la década de 1980, se había convertido en un catalizador para estas discusiones.

Clonación de ADN y métodos de secuencia desarrollados a mediados y finales de 1970, estaban siendo explotados por los científicos que consideraban que la secuenciación del genoma humano parecía posible a nivel experimental. Fundamentalmente, los investigadores fueron, al mismo tiempo, empezando a aplicar soluciones informáticas a la genética y la secuenciación del ADN, el desarrollo de métodos que harían factible la tarea de generar y manejar los datos genéticos a nivel mundial.

Este gran nuevo concepto - *un Proyecto Genoma Humano* - tenía fuertes partidarios, quienes argumentaron que el desciframiento del genoma humano podría conducir a una nueva comprensión y beneficios para la salud humana, así como personajes y entidades que no apoyaban un proyecto de esta magnitud, pues temían que la naturaleza del ser humano pudiera ser explicada a partir solo de la "simpleza" de una cadena y partiendo de cuatro letras, que conforman los nucleótidos.

El Proyecto Genoma Humano puso en marcha en 1990, a través de fondos de los Institutos Nacionales de Salud (NIH) y el Departamento de Energía, cuyos laboratorio se unió con colaboradores internacionales y resueltos para secuenciar el 95% del ADN en las células humanas en sólo 15 años. Mientras tanto en el Reino Unido, John Sulston y sus colegas

en el Laboratorio de la MRC de Biología Molecular en Cambridge, había, durante varios años trabajado en el mapa del genoma del gusano nematodo, y había resuelto que la secuenciación de todo el genoma del gusano fue finalmente factible.

Poco a poco, los laboratorios de todo el mundo comenzaron a producir la secuencia de ADN. En 1994, el Instituto Sanger había producido sus primeros 100.000 bases de la secuencia de ADN humano.

El Proyecto Genoma Humano (PGH) fue una de las grandes hazañas de la exploración de la historia - un viaje hacia el interior de los descubrimientos en lugar de una exploración hacia el exterior del planeta o el cosmos; un esfuerzo de investigación internacional para secuenciar y mapear todos los genes - conocidos en conjunto como el genoma - de los miembros de nuestra especie, el Homo sapiens. Terminado en abril de 2003, el PGH nos dio la posibilidad, por primera vez, de leer el mapa genético completo de la naturaleza para la "construcción de un ser humano".

<sup>1</sup> Información tomada de: Sanger, facultad de ciencias, departamento de genética.

<http://www.sanger.ac.uk/about/history/hgp/>  
con licencia Creative Commons



## Procedimiento

1. Mezclar media taza de levadura con 150 ml de agua fría,  $\frac{1}{3}$  de cucharadita de sal y dos chorros de jugo de limón. (figura 14)



Figura 14. Procedimiento paso 1

2. Agitar suavemente (para que se abran las paredes de las células).

3. Pasar la mezcla por un colador de té y conservar la pulpa.

4. Repetir el filtrado y conservar nuevamente la pulpa. (Figura 15)

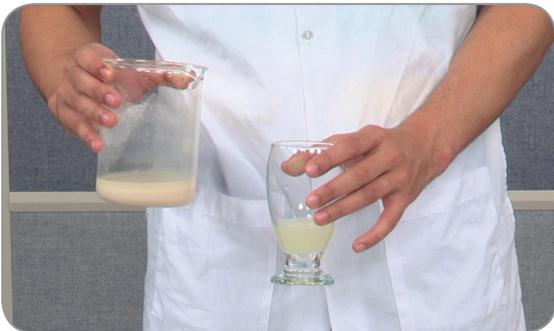


Figura 15. Pulpa de levadura

5. Preparar 150 ml de agua fría con  $\frac{1}{3}$  cucharadita de sal tres cucharaditas de alcohol y dos gotas de detergente (figura 16).



Figura 16. Sustancia de lisis

6. Agregar la pulpa y mezclar (el detergente disuelve el ADN).

7. Revolver suavemente durante 20 minutos.

8. Agregar 3 cucharaditas de sal y agitar 10 minutos más (Figura 17).



Figura 17. Agregar sal

9. Dejar reposar hasta que se forme un precipitado sólido (se tira). Conservar el líquido.

10. Diluir el líquido con tres veces su volumen de alcohol.

11. El ADN precipita en el fondo del vaso en forma de finas hebras blancas (Figura 18).

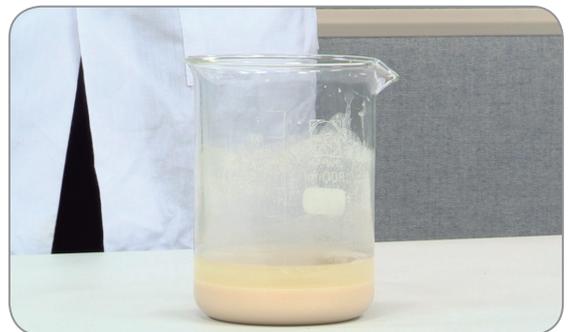


Figura 18. Fibras de ADN

**El paso 12 es opcional:**

12. Extrae con una aguja de disección las fibras, y colócalas en un portaobjeto, y observa el microscopio óptico. Intenta separar las fibras con la ayuda de una aguja de disección para facilitar su observación.

Realiza la actividad experimental y registra lo observado en:

**PASO 5:**

---

---

---

---

---

---

---

---

**PASO 11:**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Responde:**

1. ¿Por qué se debe agregar en el procedimiento sal, limón, alcohol y detergente a la mezcla para extraer ADN? ¿Qué efecto causa cada una de dichas sustancias en el proceso?

---

---

---

---

---

---

---

---

2. ¿Qué efecto causa cada una de dichas sustancias en el proceso?

---

---

---

---

---

---

---

---

## ADN y ARN

El ADN tiene la función de “guardar información”, es decir, contiene las instrucciones que determinan la forma y características de un organismo y sus funciones. Además, a través del ADN se transmiten esas características a los descendientes durante la reproducción, tanto sexual como asexual.

Para que se realice la transmisión de la información entre los sistemas biológicos, se utilizan las moléculas de ADN para sintetizar el ARN (ácido ribonucleico).

**El ARN**, es una molécula compuesta de uno o más nucleótidos. Una hebra de ARN puede ser pensada como una cadena con un nucleótido en cada eslabón de la cadena. Cada nucleótido se compone de una base (adenina, citosina, guanina y uracilo, normalmente abreviada como A, C, G y U), un azúcar ribosa, y un fosfato.

Existen cuatro tipos de ARN:

Tabla 1. Tipos de ARN

ARNm (mensajero)	ARNt (transferencia)
El ARN mensajero (ARNm) es el ARN que transporta la información genética presente en los genes hasta los ribosomas, en el citoplasma, donde se realiza la traducción de esa información a proteína. La ARN polimerasa II hace posible que se transcriba la información del ADN sintetizándose una molécula de ARN con una secuencia complementaria a la del ADN.	El ARN de transferencia o ARNt es un elemento clave en la traducción de la información que porta el ARN mensajero a una secuencia de proteínas. Por un lado se une de forma específica a un aminoácido concreto y por otro reconoce un triplete de nucleótidos que codifica ese aminoácido en el ARN mensajero. En el proceso de síntesis de proteínas el ARNt es un transductor de información capaz de pasar de nucleótidos a aminoácidos y que por tanto traduce ARNm a proteína.
ARNr (ribosómico)	ARNhn (heteronuclear)
Se unen a proteínas para formar los ribosomas, organelas constituidas por dos subunidades, una mayor y otra menor. En los ribosomas se produce la síntesis de proteínas. El ARNr se sitúa en el citoplasma y es el tipo de ácido ribonucleico más abundante de las células.	Se aloja en el núcleo celular, y su función es actuar como precursor de los distintos tipos de ARN. Otro tipo de ARN se ubica en el nucléolo de las eucariotas, el ARN nucleolar (ARNn), que es el precursor del ARN ribosómico.

La información del ADN debe ser transportada por el ARN que funciona como un intermediario del núcleo y el citoplasma (figura 18).

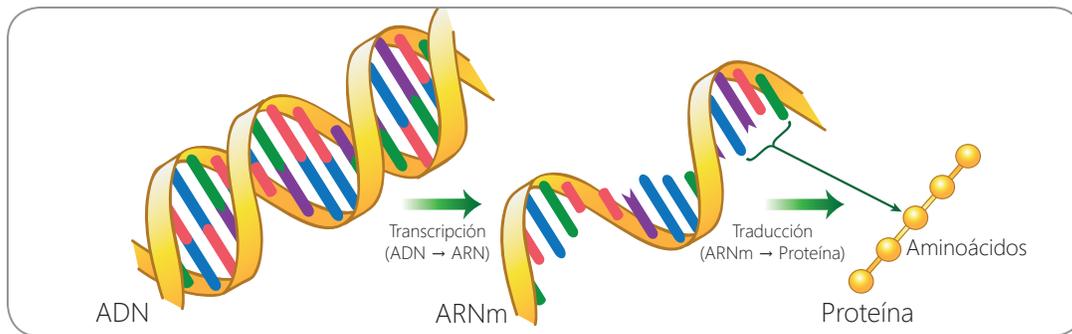


Figura 19. ADN y ARN

El ARN y el ADN presentan las siguientes diferencias:

- El ARN tienen la base uracilo ( U ) y no la base timina ( T )
- El ARN es conformado por una sola cadena
- El ARN tiene el azúcar ribosa en su esqueleto

Lee con atención la siguiente información y con ella completa la tabla sobre la comparación entre el ADN y el ARN.

2

Desoxirribosa

Adenina, timina, citosina y guanina

Ribosa

1

Adenina, uracilo, citosina y guanina

Están contenidos los genes y la secuencia de bases nitrogenadas determina los aminoácidos

	ADN	ARN
Azúcar		
Bases nitrogenadas		
Cadenas		
Función		Lleva el código genético ADN desde el núcleo hasta los ribosomas

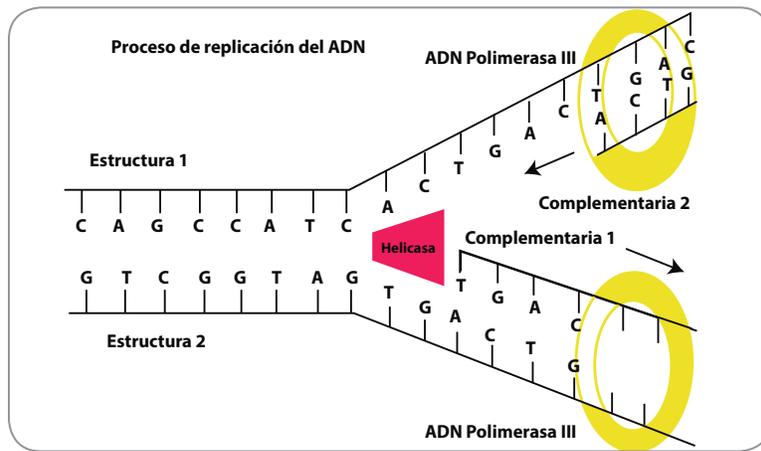


Figura 20. Duplicación del ADN.

## Duplicación del ADN

Antes de que una célula se divida, su ADN se **replica (duplicado)**. Las dos hebras de una molécula de ADN tienen pares de bases complementarias, la secuencia de nucleótidos de cada hebra suministra automáticamente la información necesaria para producir su pareja. Si se separan las dos hebras de una molécula de ADN, cada una puede ser utilizada como un patrón o molde para producir una cadena complementaria. Cada plantilla y su nuevo complemento juntos forman entonces una nueva doble hélice de ADN, idéntica a la original (Figura 20).

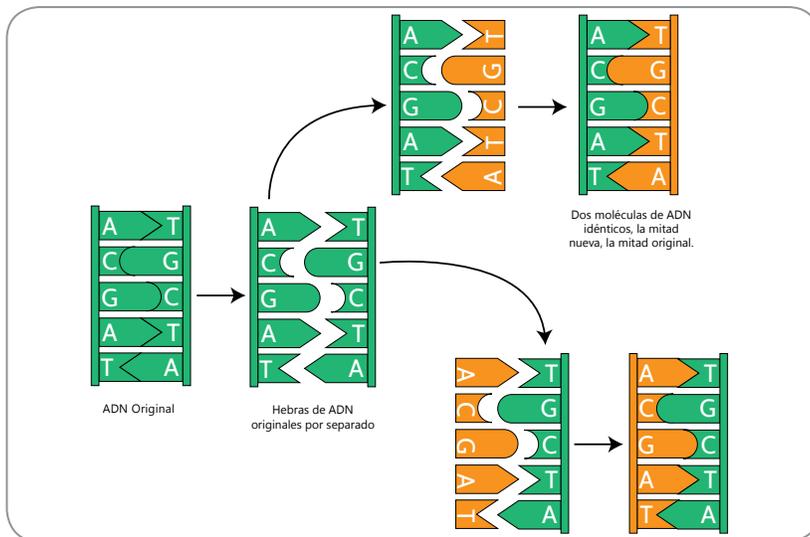


Figura 21. Duplicación del ADN

Completa en la figura 22 las bases nitrogenadas en el proceso de duplicación del ADN.



Figura 22. Secuencia de ADN

## Duplicación del ADN por procesos de mitosis y meiosis

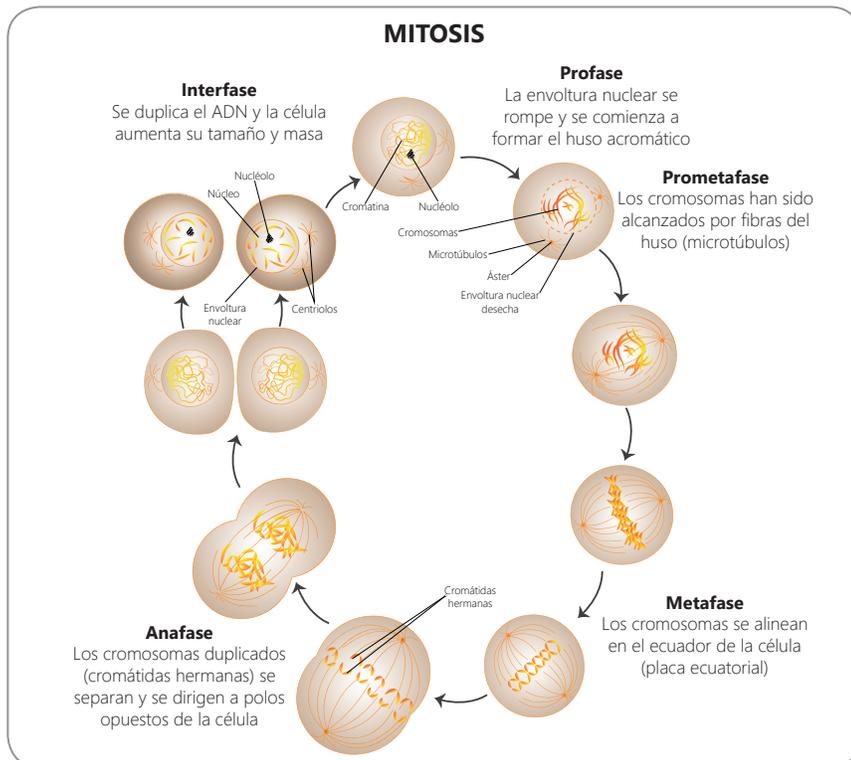
Al proceso de mitosis y meiosis se le conoce como ciclo celular, este es el conjunto de procesos que una célula debe realizar para cumplir la replicación exacta del ADN (tabla 2).

Tabla 2. Mitosis y meiosis

Mitosis	Meiosis
<ul style="list-style-type: none"> <li>• División nuclear en células somáticas (aquellas que no van a convertirse en células sexuales).</li> <li>• Este proceso intervienen los cromosomas, que están formados por ADN y las proteínas. Las fases son: Interfase, profase, metafase, anafase, telofase y citocinesis.</li> </ul>	<p>Los organismos que se reproducen sexualmente se forman a partir de la unión de dos células sexuales denominadas gametos.</p> <p>La meiosis consta de dos divisiones sucesivas de la célula con una única replicación del ADN (previa a la primera división o meiosis I). Las fases son: Meiosis I y meiosis II</p> <p>La meiosis es un mecanismo de división celular que a partir de una célula diploide (2n) permite la obtención de cuatro células haploides (n) con diferentes combinaciones de genes.</p>

En la figura 23 se observa la replicación del ADN en el proceso de la mitosis.

La mitosis es el proceso continuo en el que una célula produce dos células con idéntico material genético, ya sea con fines reproductivos, para reemplazar a otras muertas, o para el crecimiento de un tejido.



**Interfase:** entrega a cada célula nueva la misma cantidad de material genético.

**Profase:** las hebras de ADN se condensan y forman los cromosomas.

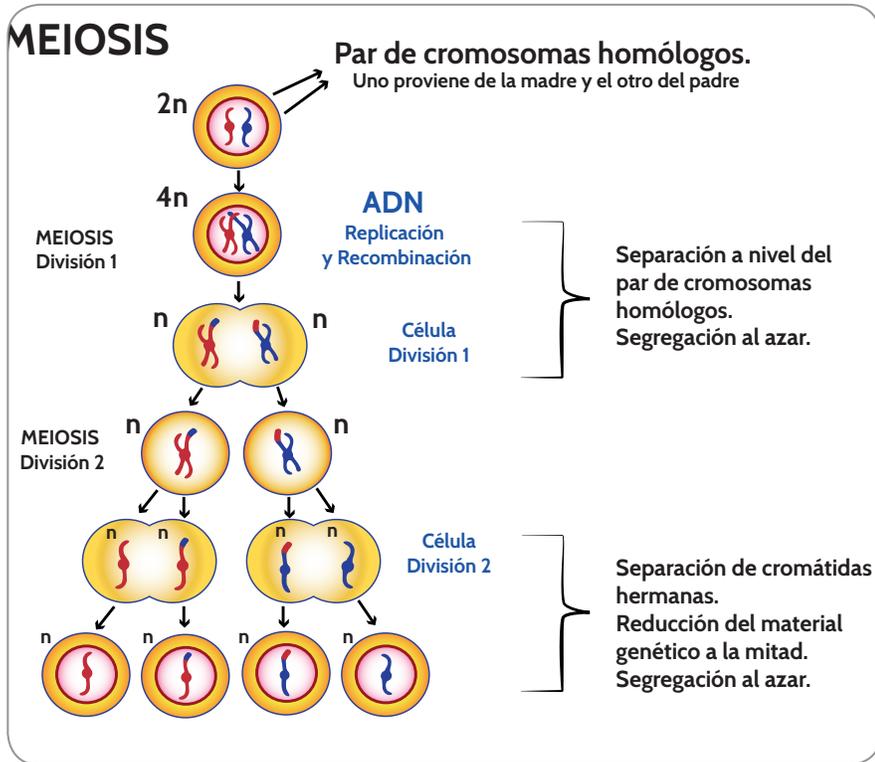
**Metafase:** Formación de fibras de huso mitótico.

**Anafase:** se realiza la distribución de las dos copias del ADN original.

**Telofase:** los nuevos cromosomas pierden su forma definida y se transforman en hebras o largos filamentos de ADN.

Figura 23. Mitosis

En la figura 24 se puede observar el proceso de replicación del ADN en el proceso de la meiosis.



**Meiosis I:** antes de la primera división meiótica hay un periodo de interfase en la que se duplica el ADN.

**Meiosis II:** no hay duplicación del ADN.

Figura 24. Meiosis

Organiza las palabras para formar la frase, correspondiente a la duplicación del ADN en la fase de mitosis.

En la \_\_\_\_\_ de la \_\_\_\_\_ las \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ se condensan y forman los \_\_\_\_\_.

- Profase
- ADN
- Cromosomas
- Hebras
- Mitosis

Responde:

¿En qué etapa de la mitosis podemos evidenciar el proceso de duplicación del ADN?

---



---



---



---



---



---

En la tabla 3 se establecen diferencias entre mitosis y meiosis.

Tabla 3. Diferencias entre mitosis y meiosis

MITOSIS	MEIOSIS
<b>A nivel genético</b>	
Reparto exacto del material genético.	Segregación al azar de los cromosomas homólogos y entrecruzamiento como fuente de variabilidad genética.
<b>A nivel celular</b>	
Como consecuencia de lo anterior se forman células genéticamente iguales.	Produce una reducción del juego de cromosomas a la mitad exacta de los cromosomas homólogos.
<b>A nivel orgánico</b>	
Se da este tipo de división en los organismos unicelulares para su reproducción asexual, y en pluricelulares para su desarrollo, crecimiento y la reparación y regeneración de tejidos y órganos.	Sirve para la formación de las células reproductoras sexuales: los gametos, o las células reproductoras asexuales: las esporas.

### La meiosis y la transmisión información genética

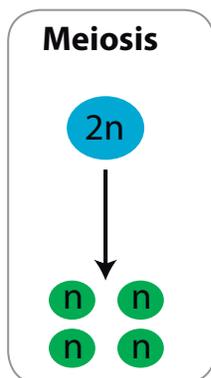


Figura 25.Meiosis

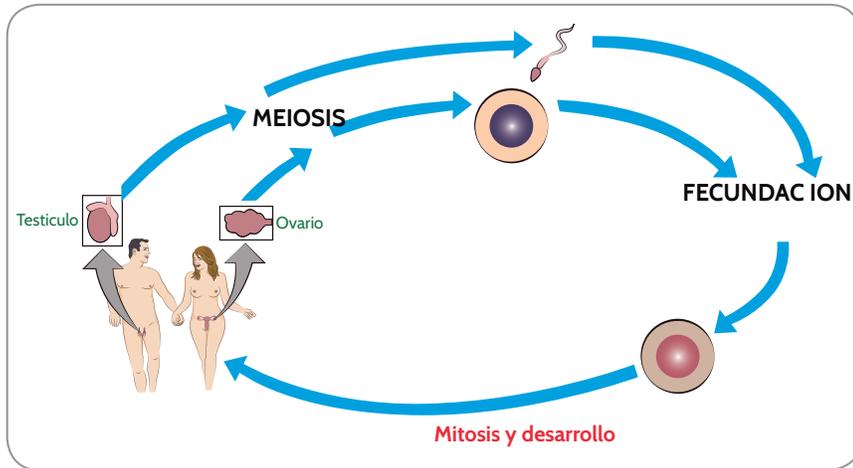
Gracias al proceso de reducción del número de cromosomas a la mitad: esto permite el fenómeno de la fecundación, se reconstituye el número de cromosomas de la especie. Por ejemplo, en el ser humano se tienen 46 cromosomas y se forman células haploides (gametos) de 23 cromosomas.

La recombinación de la información genética heredada del padre y la madre: el apareamiento de los cromosomas homólogos permite que se intercambie la información. La consecuencia de este fenómeno es que ningún hijo heredará la misma combinación de alelos de sus progenitores.

Segregación al azar de cromosomas maternos y paternos: la separación de los cromosomas paternos y maternos recombinados, se realiza completamente al azar, por lo que contribuyen al aumento de la diversidad genética. En el ser humano, con 23 pares de cromosomas homólogos, la posibilidad de recombinación es de 2<sup>23</sup> (8.388.608) combinaciones.

Durante la gametogénesis (formación de gametos) ocurre la meiosis y se generan gametos con la mitad de dotación cromosómica para que, en la reproducción sexual, se mantengan las células diploides (figura 25).

Completa en la figura 25 la información sobre mitosis y reproducción sexual.



- óvulo (haploide =n)
- Cigoto (diploide=2n)
- Espermatozoide (haploide =n)
- Organismos Pluricelulares (diploide=2n)

### La meiosis y la variabilidad genética

La reproducción sexual implica recombinación genética del ADN de cada progenitor, y unión de 2 gametos (uno de cada padre), así la meiosis se constituye en el mecanismo indispensable para asegurar la constancia en el número específico

Figura 26. Mitosis y desarrollo

de cromosomas en los organismos sexuados.

Como los gametos masculino y femenino también se unen al azar para formar un cigoto, se puede afirmar que este proceso de fusión y la meiosis que le precede, son importantes fuentes de variabilidad dentro de las especies que presentan reproducción sexual.

La variación en la descendencia constituye la base de los cambios evolutivos que ocurren con el tiempo. Los individuos que, por sus características hereditarias, pueden adaptarse mejor a las condiciones ambientales, tienen mayores oportunidades de sobrevivir y dejar más descendientes que los individuos con rasgos hereditarios menos favorables (figura 27)

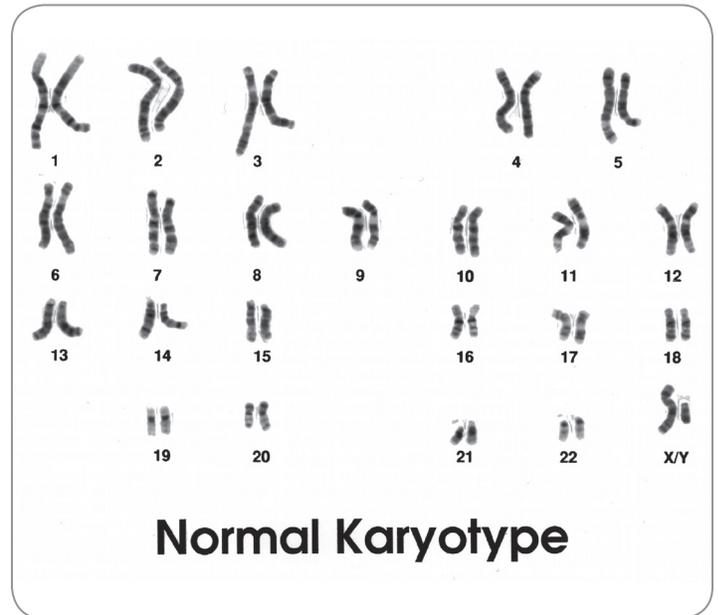


Figura 27. Cariotipo de cromosomas

### Explica:

¿Por qué es importante la meiosis para garantizar la variabilidad genética?

---



---



---



---



---



---

# Actividad 4

## Errores en la duplicación del ADN

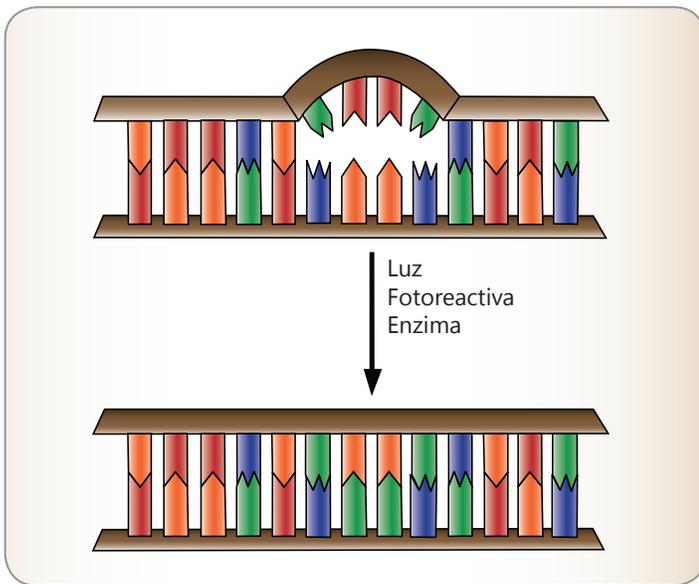


Figura 28. Reparación directa

### Reparación del ADN

Es el conjunto de procesos involucrados en la corrección del daño en el ADN. Se pueden clasificar en:

- Reparación directa. Se reparan roturas del enlace entre dos nucleótidos, en la reparación de roturas interviene la ADN ligasa. Un ejemplo de este tipo de enzima es la O6-metilguanina-ADN metiltransferasa (MGMT) humana.
- Reparación por escisión de bases. Se elimina el nucleótido con la base mutada y se introduce el nucleótido correcto uniéndolo con los nucleótidos adyacentes.

- Reparación por ruptura: este tipo de daño suele producirse por agentes químicos o por radiación ultravioleta. En este proceso de reparación intervienen endonucleasas que cortan de 24 a 29 nucleótidos alrededor del o de los nucleótidos mutados.

Tabla 4. Mutaciones somáticas y germinales

### Mutaciones somáticas y germinal

**Germinal:** afectan a las células productoras de gametos. Estas mutaciones se transmiten a la siguiente generación y tienen mayor importancia desde el punto de vista evolutivo

**Somática:** afecta a las células somáticas del individuo. Como consecuencia aparecen individuos mosaico que poseen dos líneas celulares diferentes con distinto genotipo, no se transmiten a la siguiente generación.

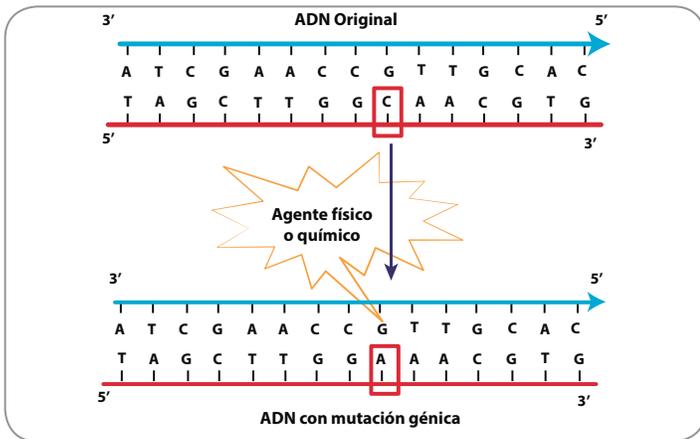


Figura 29. Mutación química

Se generan con mayor frecuencia las mutaciones, a estos lugares se les conoce como puntos calientes. Al genotipo donde se produce la mutación se le conoce como mutante y al silvestre o salvaje se le conoce como patrón.

Los mutágenos químicos son de tres tipos:

- Análogos de bases: compuestos químicos similares a la composición de las bases nitrogenadas del ADN. Tienen propiedades de emparejamiento distinto, lo que provoca mutaciones, pues durante el proceso de replicación se unen a ellos nucleótidos incorrectos.

Ejemplo: 5-bromouracilo, 2-aminopurina

- Modificadores de bases: **ácido nitroso** modifica las bases C→U, G→X. **Hidroxilamina** provoca una transformación de G→A y se da principalmente en bacterias.

**Agentes alquilantes** introducen grupos alquilo a las cuatro bases, produciendo etilmetanosulfonato y la nitrosoguanidina.

**Agentes intercalantes** son moléculas planas que imitan pares de bases y son capaces de deslizarse entre las bases nitrogenadas.

- Radiaciones: rayos X, radiación gamma y rayos ultra violeta (Figura 30).

## Mutaciones espontáneas

Durante la síntesis de ADN, puede producirse un emparejamiento ilegítimo de nucleótidos como A-C, generando la sustitución de una base por otra; otro proceso que se puede presentar es la ionización de las bases. La frecuencia con la que ocurren este tipo de mutaciones es generalmente baja (figura 29).

## Mutaciones inducidas

Existen lugares específicos en el gen donde se

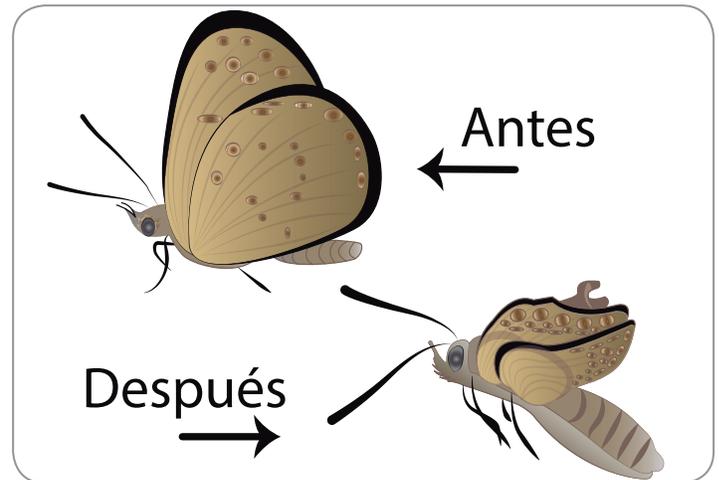


Figura 30. Mutaciones inducidas por exposición a radiación

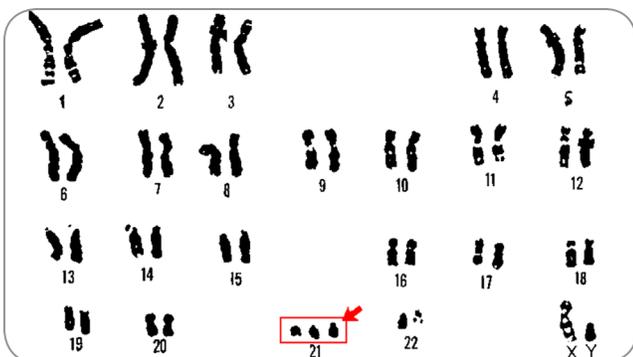


Figura 31. Mutaciones genómicas

## Niveles de mutaciones

Mutación génica: afecta a un solo gen.

- **Mutación cromosómica:** afecta a un segmento cromosómico que incluye varios genes.

- **Mutación genómica:** afecta a cromosomas completos (por exceso o por defecto) o a juegos cromosómicos completos.

Relaciona con una línea la imagen con el proceso que ocurre a nivel del ADN.

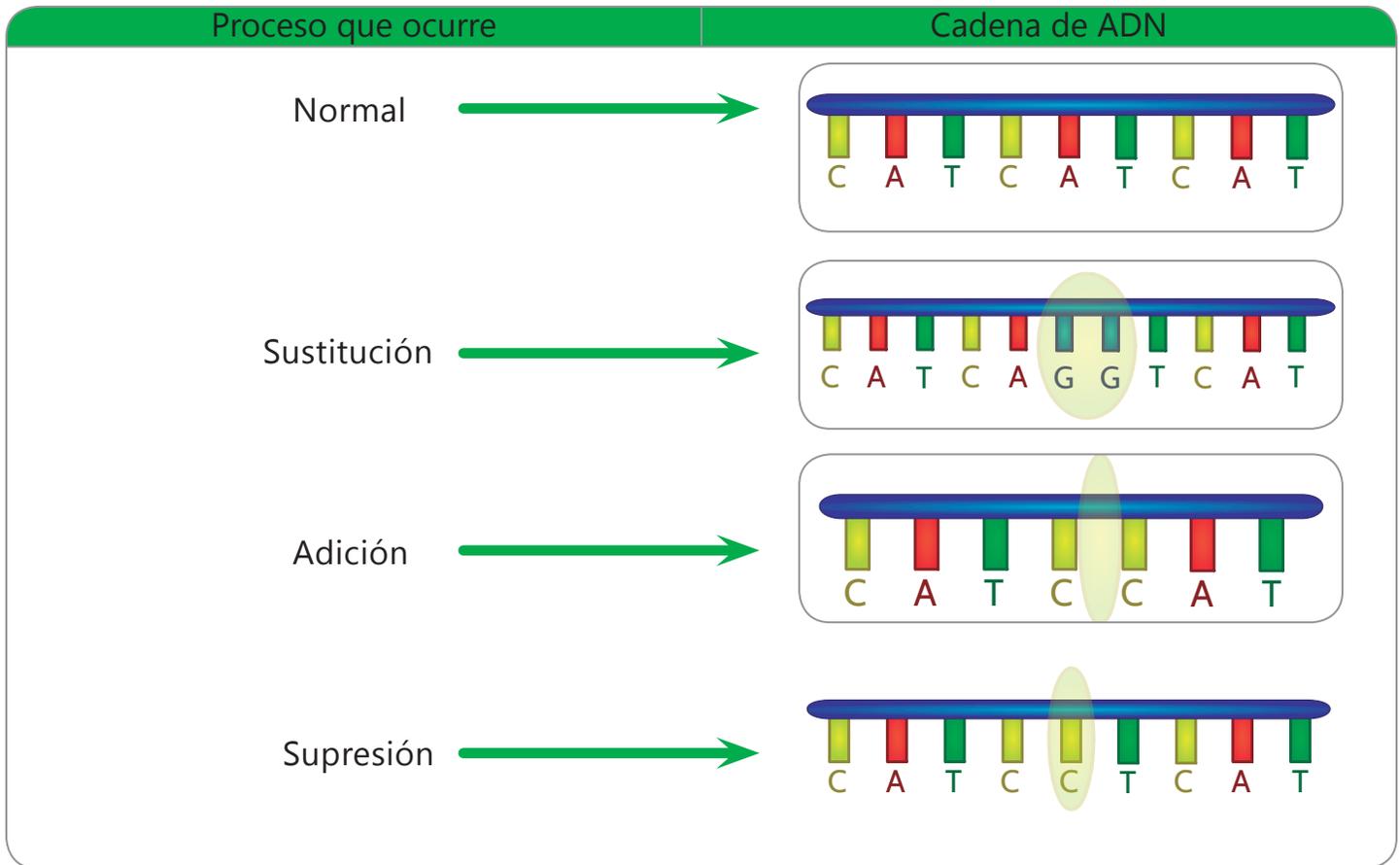


Tabla 5. Mutaciones Cromosómicas

### Mutaciones Cromosómicas

Son alteraciones en la estructura de los cromosomas. Tienen su origen en roturas de las cadenas del ADN no reparadas o no corregidas.

Anomalías cromosómicas sexuales	Anomalías cromosómicas no sexuales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Síndrome de Klinefelter (trisomía de los cromosomas sexuales: 47, XXY).</li> <li>• Síndrome del triple Y (llamado a veces síndrome del supermacho: 47, XYY).</li> <li>• Síndrome del triple X (llamado a veces síndrome de la superhembra: 47, XXX).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trisomía del cromosoma 21 más conocida como Síndrome de Down.</li> <li>• Trisomía del cromosoma 18 más conocida como Síndrome de Edwards.</li> <li>• Trisomía del cromosoma 13 más conocida como Síndrome de Patau</li> </ul>

Las consecuencias fenotípicas de las mutaciones son muy variadas, desde grandes cambios hasta pequeñas diferencias tan sutiles que es necesario emplear técnicas muy elaboradas para su detección. Se pueden clasificar en:

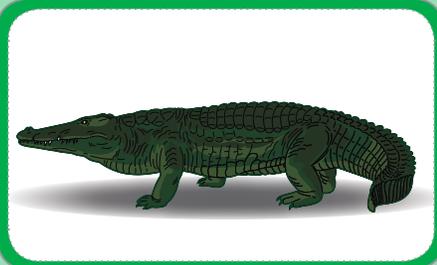
### Mutaciones letales

suelen ocurrir en genes esenciales, imprescindibles para la supervivencia del individuo. Por el daño producido en su mutación el gen no sobrevive.



### Mutaciones morfológicas

Afectan la distribución corporal de los individuos. Ejemplo, el color o la forma de cualquier órgano de un animal o planta. Ejemplo color de ojos de algunos animales.



### Mutaciones condicionales

Son aquellas que sólo presentan un fenotipo en ciertas condiciones determinadas, por ejemplo, de temperatura. Ejemplo: el sexo de los cocodrilos depende de la temperatura del ambiente.

Ejemplo de mutación morfológica.

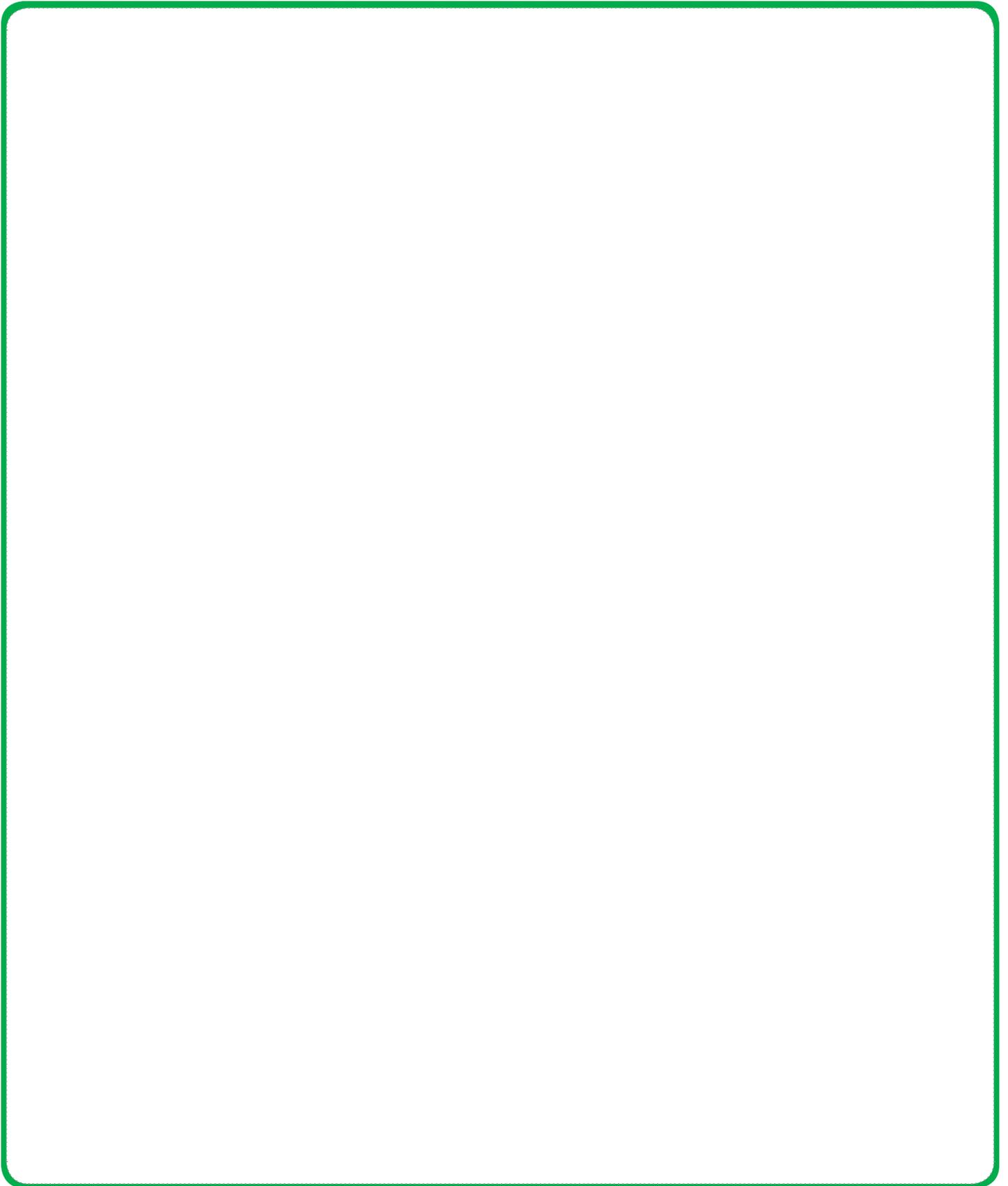


### Mutaciones morfológicas

Neurofibromatosis: causada por una mutación en el cromosoma 22, tiene una incidencia en la población de (1/40.000 nacidos). La herencia es autosómica dominante, lo que quiere decir que con tener un gen alterado de alguno de los padres aparecerá la enfermedad; así mismo, existe un riesgo de transmitir la enfermedad del 50 % a cada uno de los hijos (figura 32).

Figura 32. Neurofibromatosis

Realiza un mapa conceptual o diagrama que resuma el tema de mutaciones.



## Mutación de mariposas en Fukushima <sup>2</sup>

El desastre de los accidentes nucleares severos en Fukushima Daiichi sigue revelando consecuencias importantes. Un grupo de científicos de la Universidad de Ryukyu, Okinawa, reportó daños fisiológicos y genéticos en las mariposas *Zizeeria*, consideradas como indicadores medioambientales.

Un grupo de científicos japoneses ha descubierto mutaciones genéticas en mariposas expuestas a la radiación en el área en torno a la central atómica de Fukushima, epicentro de la crisis nuclear de 2011, según un artículo publicado en el portal Scientific reports de la revista científica Nature (EFE, en El Universal, 15 ago 2012). De acuerdo con los investigadores, la crisis nuclear en Fukushima iniciada tras el tsunami que asoló el noreste nipón en marzo de 2011 provocó “la masiva liberación de material radiactivo al medio ambiente”, que causó “daños fisiológicos y genéticos” en las mariposas *Zizeeria*, una especie muy común en Japón. Este tipo de mariposas, que tienen un ciclo de vida aproximado de un mes, son consideradas generalmente como “indicadores medioambientales” muy útiles, al contar con unas alas cuyo patrón cromático es muy sensible a los cambios en el ambiente. (Figura 33)

El equipo, formado por científicos de la Universidad de Ryukyu, en la isla de Okinawa (suroeste), recolectó en mayo de 2011 un total de 144 especímenes adultos en torno a Fukushima; algunos mostraron “anormalidades leves” y, en una segunda generación, anomalías “más severas”.

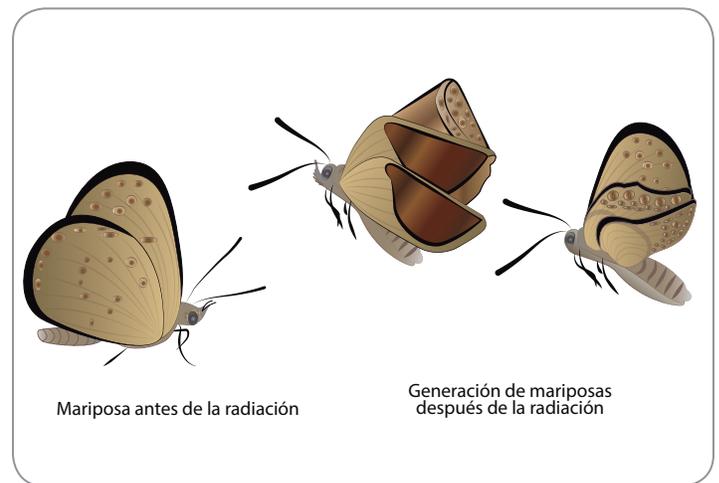


Figura 33. Mariposas *Zizeeria*, después del accidente nuclear de Fukushima

Insectos atrapados no lejos de la central de Fukushima Daiichi, dos meses después del accidente, fueron transportados a un laboratorio para fines de reproducción; 18 por ciento de la generación siguiente desarrolló problemas semejantes, dijo Joji Otaki, profesor de la Universidad Ryukyu de Okinawa. La cifra aumentó todavía más, a 34 por ciento, para la tercera generación, aunque se hayan utilizado insectos sanos de otra región para acoplar con los de Fukushima. Seis meses después del desastre, un nuevo lote de mariposas fue atrapado cerca de Fukushima Daiichi y esta vez la tasa de anomalía de la generación siguiente fue medida en 52 por ciento, precisó Otaki. Los científicos japoneses también experimentaron con una población de mariposas no afectadas, que fueron expuestas en laboratorio a muy bajas dosis de radiactividad, y se constató la misma proporción de anomalías que en la primera generación de los insectos de Fukushima.

<sup>2</sup> Boletín del FRENTE DE TRABAJADORES DE LA ENERGIA de MEXICO  
Organización obrera afiliada a la FEDERACION SINDICAL MUNDIAL

fte-energia.org | prensa@fte-energia.org | <http://twitter.com/ftenergia> | <http://ftemexico.blogspot.com> | Volumen 12, Número 227, agosto 17 de 2012

Responde:

1. ¿Por qué los investigadores consideran que estos cambios pueden afectar a otros organismos?

---

---

---

---

---

---

---

Realiza una gráfica de los estudios de los investigadores después del accidente de Fukushima.

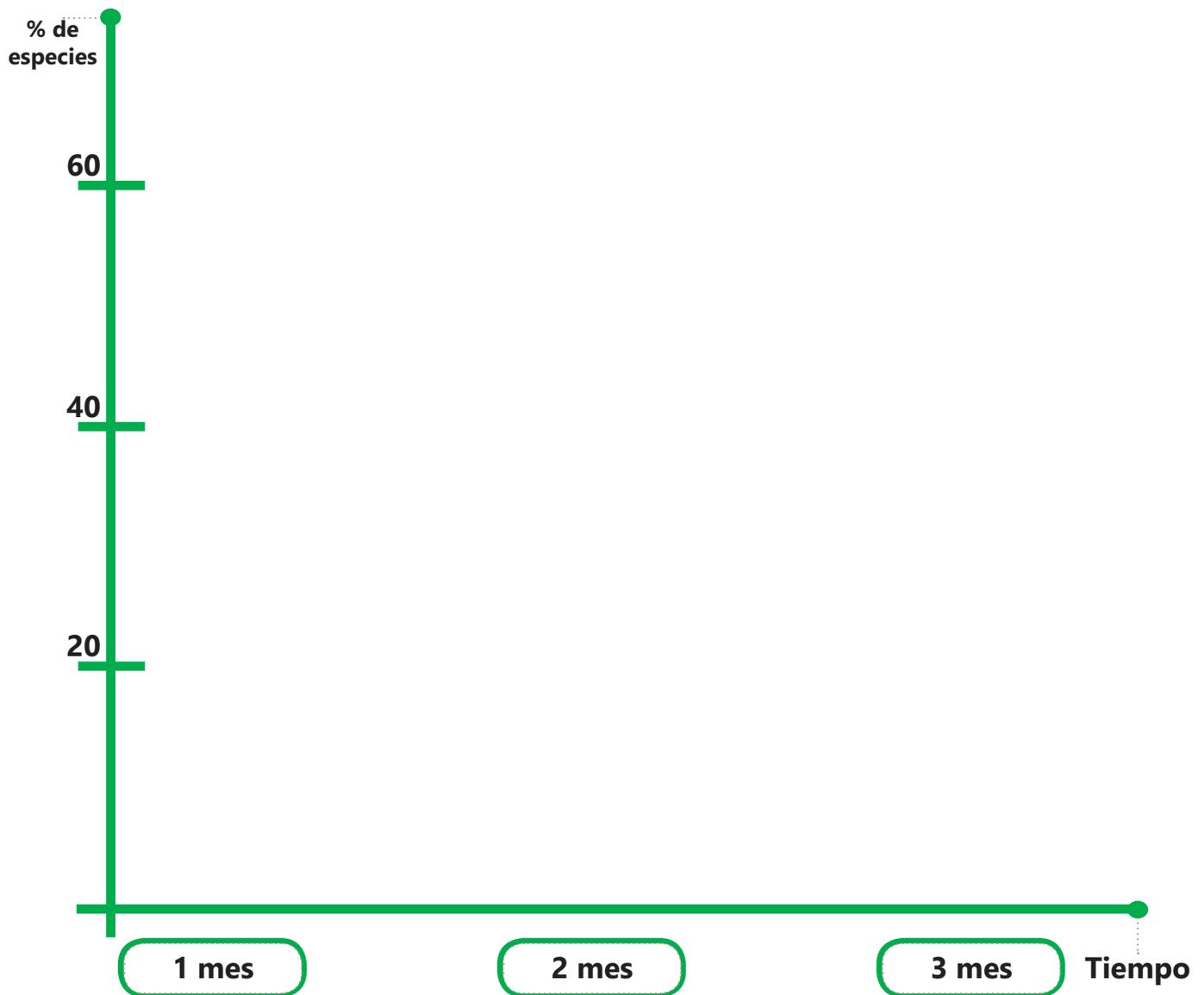
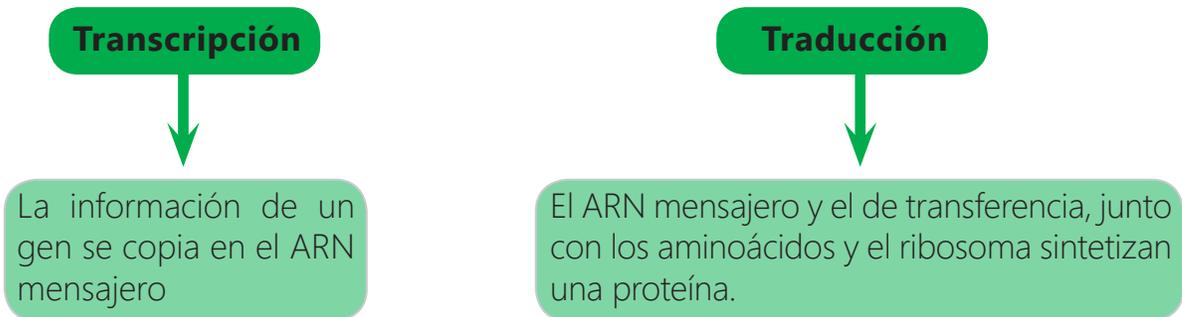


Figura 34. Gráfica de investigación de la radiación en mariposas con el accidente de Fukushima

## 🔧 Actividad 5

### ADN y transmisión de la información

El proceso de transcripción y traducción se fundamenta en:



El mecanismo de transcripción se divide en tres etapas:

1. **INICIACIÓN:** la ARN Polimerasa se une a una zona del ADN que se requiere transcribir, posteriormente se corta la hebra de ADN y se separan las dos cadenas (figura 35).

2. **ALARGAMIENTO:** la ARN polimerasa viaja a lo largo de la cadena molde de ADN (figura 36).

3. **TERMINACIÓN:** la ARN polimerasa encuentra una secuencia de ADN con una señal de terminación. La ARN polimerasa se desprende del ADN y libera la molécula del ARN, que está lista para desplazarse del núcleo al citoplasma para la traducción (figura 37).

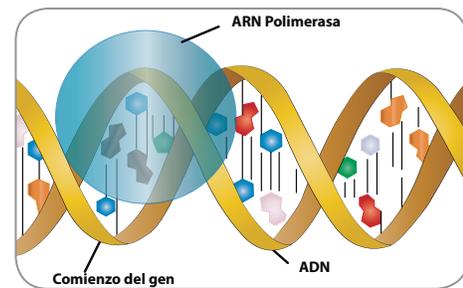


Figura 35. Iniciación del proceso de transcripción

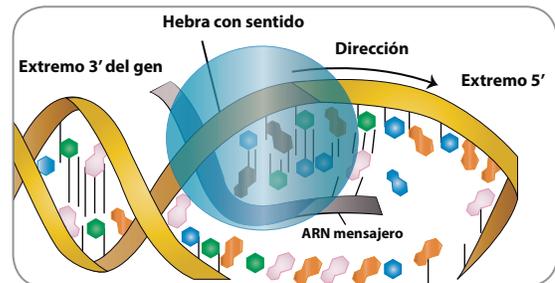


Figura 35. Iniciación del proceso de transcripción

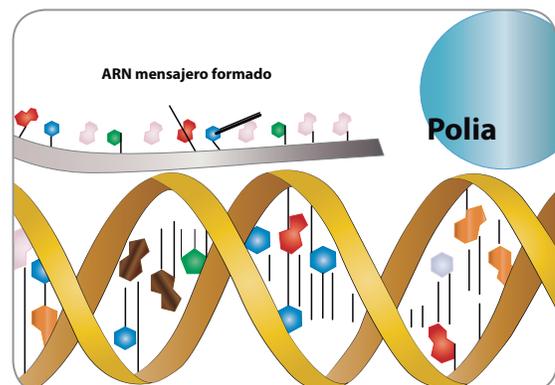


Figura 35. Iniciación del proceso de transcripción

## La Transcripción

Es un proceso que implica transcripción de la información genética del ADN a ARN. La biosíntesis de ARN, procede de la misma manera que la duplicación de ADN y también sigue el principio de apareamiento de bases. Una vez más, una sección de ADN de doble hélice se desenrolla y sólo una de las hebras de ADN sirve como molde para la enzima ARN polimerasa para guiar la síntesis de ARN. Después que la síntesis es completa, el ARN se separa del ADN y el ADN retrocede en su hélice. (Figura 38)

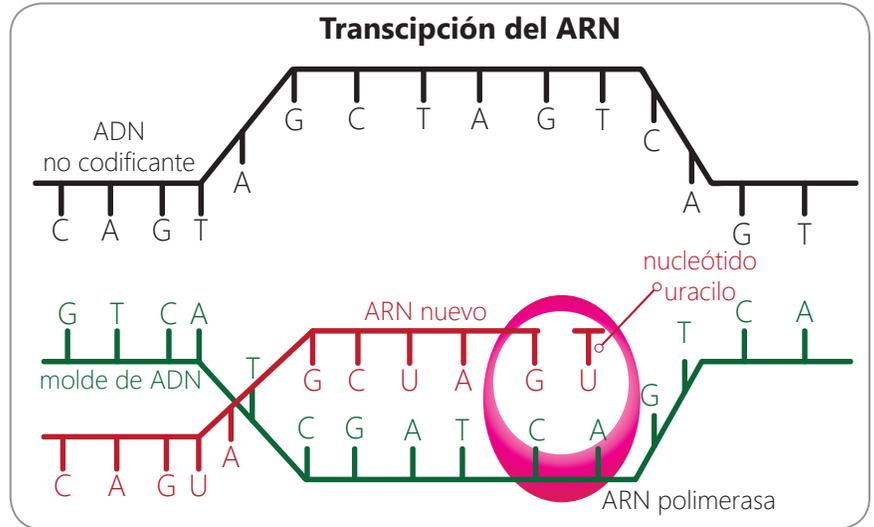


Figura 38. Transcripción síntesis de ARN a partir de la información del ADN

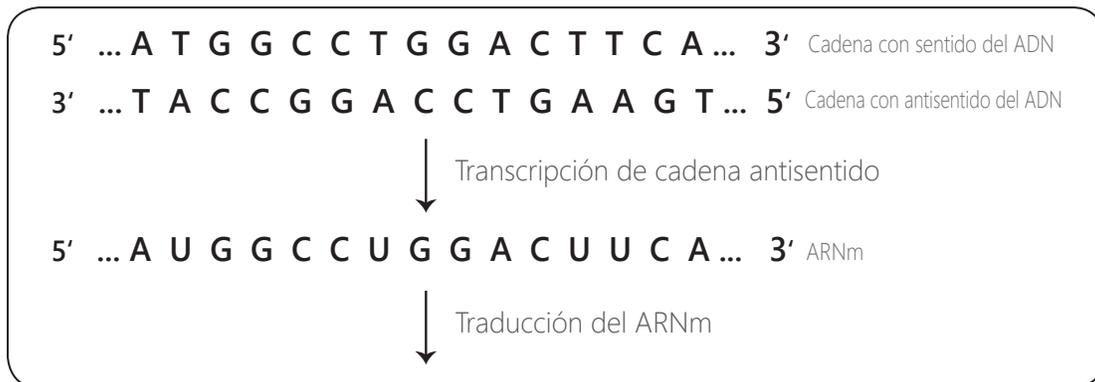
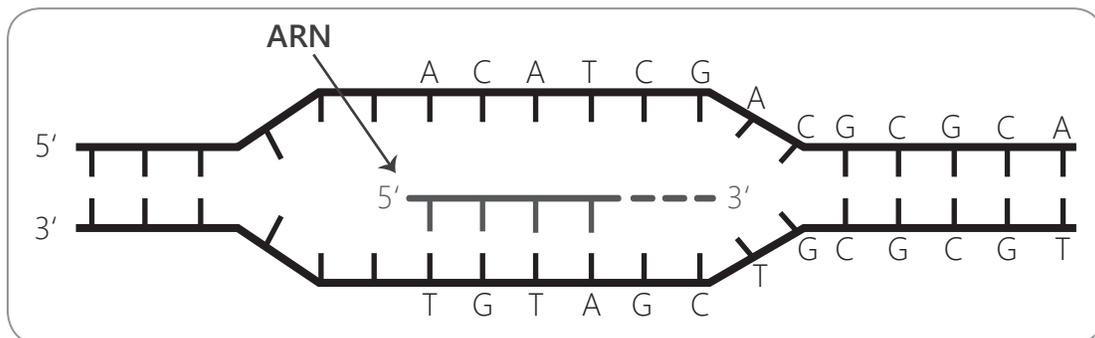


Figura 39. Transcripción

Completa en la imagen las bases nitrogenadas en el proceso de transcripción.



Las condiciones que se deben cumplir para realizar la transcripción del ADN son las siguientes:

- ADN original que es el molde para ser copiado.
- ARN Polimeras que es la enzima encargada de sintetizar el ARN a partir del ADN.
- La ARN polimerasa, ribonucleoproteína y la RNA ligasa.
- Los tipos de ARN.

El mecanismo de traducción de ADN se divide en tres momentos: iniciación, alargamiento y terminación. En este proceso intervienen el ARN mensajero el de transferencia, los aminoácidos y los ribosomas, con el objetivo de sintetizar las proteínas.

**1. INICIACIÓN:** un ARN de transferencia unido a un aminoácido metionina se inicia con el codón de inicio del ARN mensajero, este a su vez se encuentra unido a la subunidad ribosómica pequeña. El anticodón UAC del ARNt forma el par de bases con el codón de inicio AUG del ARNm (figura 40).

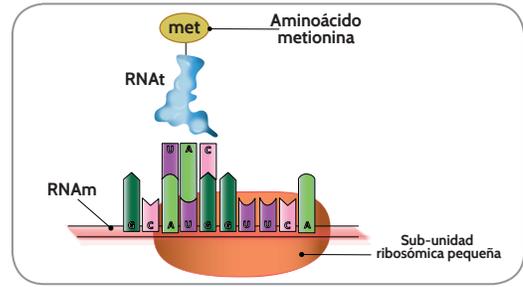


Figura 40. Iniciación de la traducción

**2. ALARGAMIENTO:** El segundo codón de GUU del ARNm, forma sus bases con el anticodón CAA valina de un segundo ARNt. (Figura 41)

Se forma un enlace entre la metionina y la valina por medio de la acción del sitio catalítico del ribosoma (figura 42). Por medio de un enlace peptídico se unen los aminoácidos metionina y Valina (figura 43). El RNAt inicial es liberado y el ribosoma avanza por el ARNm.

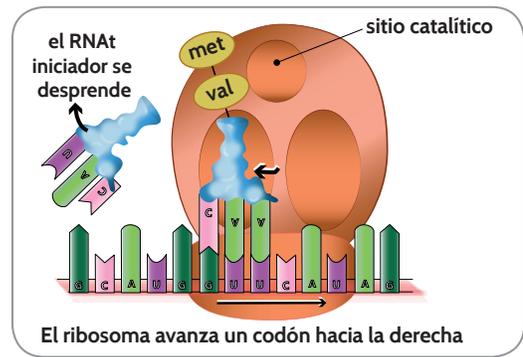


Figura 41. Proceso de alargamiento

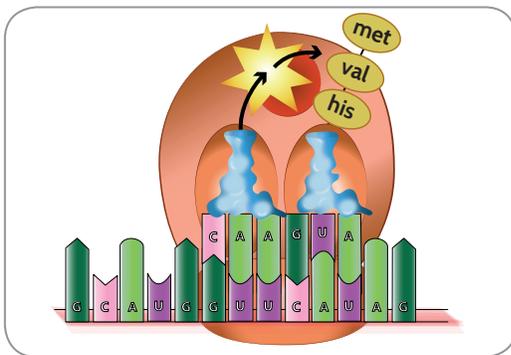


Figura 42. Proceso de alargamiento

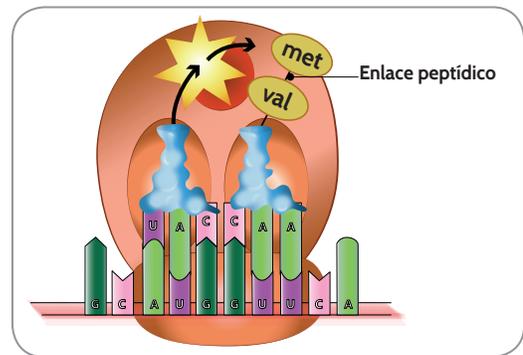


Figura 43. Proceso de alargamiento

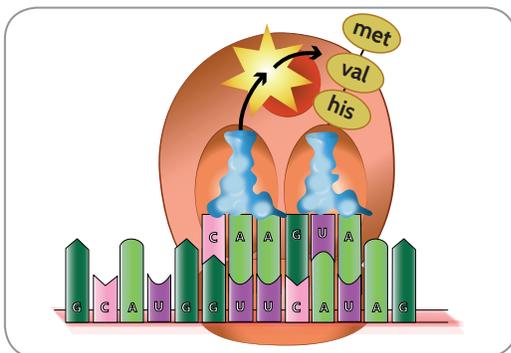


Figura 44. Proceso de alargamiento

Un tercer anticodón GUA Histidina del ARNt se une al codón CAU del ARNm.

Por medio de un enlace peptídico entre la valina y la histidina se forma una cadena de tres aminoácidos (Figura 44).

3. **TERMINACIÓN:** El proceso se repite hasta que aparece un codón de terminación. Las subunidades se separan (Figura 45).

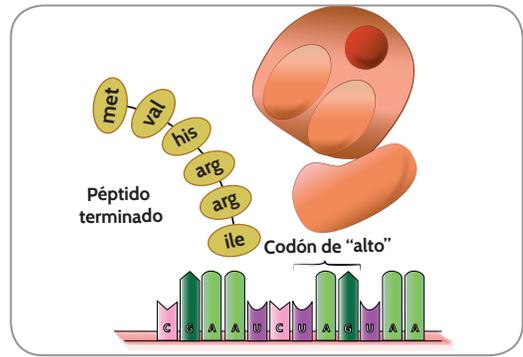


Figura 45. Proceso de terminación

Relaciona cada imagen con su nombre correspondiente:

- Proteína
- ARN mensajero
- Cadena de molde de ADN
- ARN transferencia

Tabla 6. Información genética

<hr style="border: 2px solid green;"/>	<p><b>Gen</b></p>			
<hr style="border: 2px solid green;"/>	<p><b>Codones</b></p>			
<hr style="border: 2px solid green;"/>	<p><b>Anticodones</b></p>			
<hr style="border: 2px solid green;"/>	<p><b>Aminoácidos</b></p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="background-color: #f4a460;">Metionina</td> <td style="background-color: #fff9c4;">Glicina</td> <td style="background-color: #f4a460;">Valina</td> </tr> </table>	Metionina	Glicina	Valina
Metionina	Glicina	Valina		

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

La secuencia de ADN que se muestra a continuación pertenece a un gen que tiene la información para fabricar una de las cadenas de hemoglobina normal:

GTG CAC CTG AGT CGT GAG GAG  
GAG GTG GAG GTA GGA GTG GTG

La siguiente secuencia de ADN pertenece a un gen que, al traducirse, produce hemoglobina anormal y desarrolla la enfermedad conocida como anemia falciforme, caracterizada por la formación de glóbulos rojos deformes.

GTG GAG GTG AGT GGT GTG GAG  
GAG GTG GAG TGA GGA GAG GTG

Teniendo como referencia la secuencia de ADN Responde:

- a. compara las cadenas de ADN y encierra la triplete que contiene el error.
- b. Escribe la secuencia de ARN mensajero que se fabrica a partir de la última hebra de ADN.

---

---

---

---

---

---

---

---

- b. Teniendo en cuenta la forma como se produce la anemia falciforme, ¿consideras que es posible curar esta enfermedad con medicamento? Sustenta tu respuesta con dos razones.

---

---

---

---

---

---

---

---

## 🔧 Actividad 6

### Relación entre gen y proteína

El paso de la información genética desde el ADN a la proteína se hace mediante un intermediario: el ácido ribonucleico (ARN), muy semejante químicamente al ADN, pero que contiene A, C, G y uracilo (U) en lugar de T.

Lo primero que se hace es desdoblarse la doble hélice de ADN, y una de las hebras es copiada a un tipo de ARN llamado mensajero; este proceso se llama **transcripción**, y ocurre dentro del núcleo.

Este ARN mensajero sale del núcleo, y ya en el citoplasma, es "leído" para saber qué aminoácidos y en qué orden hay que unir y así elaborar una proteína; este proceso se llama **traducción**. Sólo hay veinte aminoácidos que entran a formar parte de las proteínas (figura 46).

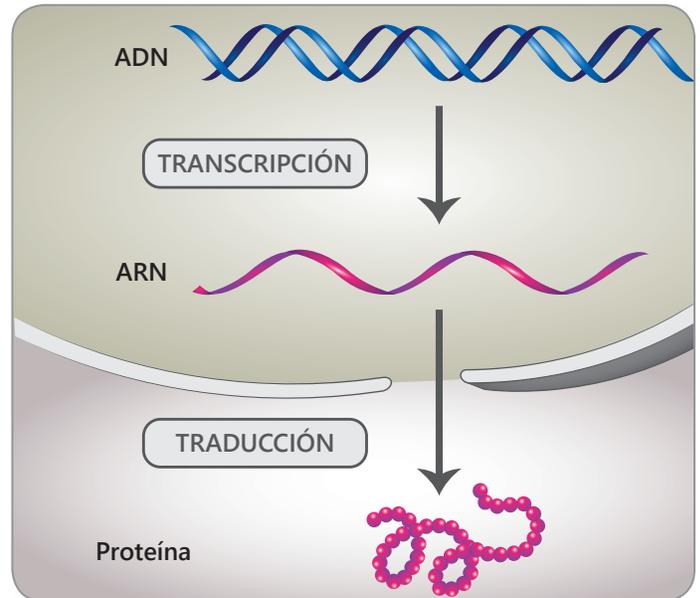


Figura 46. Transcripción

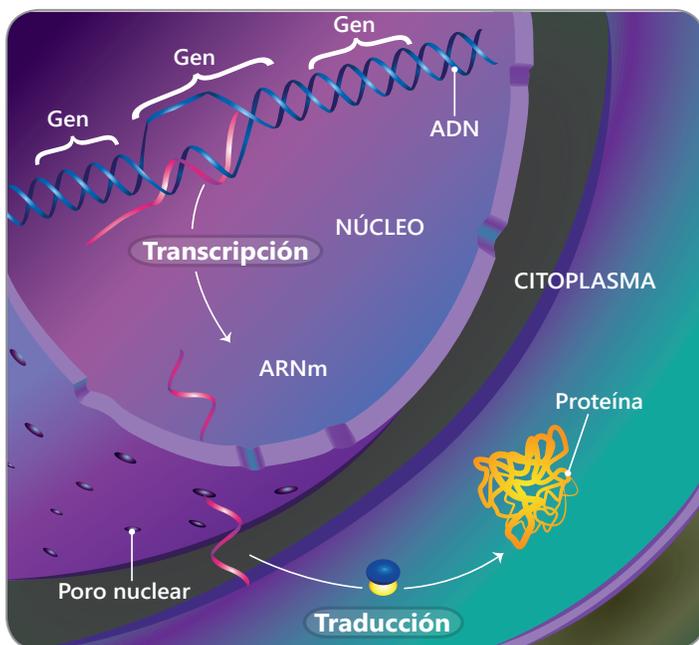


Figura 47. Formación de proteínas

### Demanda de proteínas

A partir del ADN se sintetiza ARN por medio de la enzima ARN polimerasa, que copia una secuencia de nucleótidos (genes) de una de las cadenas del ADN. El ARN es el encargado de controlar las etapas intermedias en la formación de proteínas mediante el ARN mensajero (figura 47).

Las proteínas constituyen los compuestos orgánicos más importantes de los seres vivos, por las diferentes funciones que cumplen a continuación se relaciona las funciones y los casos de requerimiento de los diferentes organismos.

## Demanda de proteínas



Se divide en

### Señales intercelulares

Este tipo de señal se da entre las células como respuesta a una demanda interna del organismo. Ejemplo: durante el embarazo y el parto.

### Señales del medio ambiente

Este tipo de señal implica estímulos ambientales. Ejemplo: regulación de las plantas para supervivencia a las altas temperaturas.

Responde a la información presentada, y con las palabras que conforman las respuestas, encuéntralas en la sopa de letra.

El proceso de transcripción ocurre en el

\_\_\_\_\_

El proceso de traducción ocurre en el

\_\_\_\_\_

Las bases nitrogenadas del ADN son:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Las bases nitrogenadas del ARN se diferencian con las del ADN por el

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

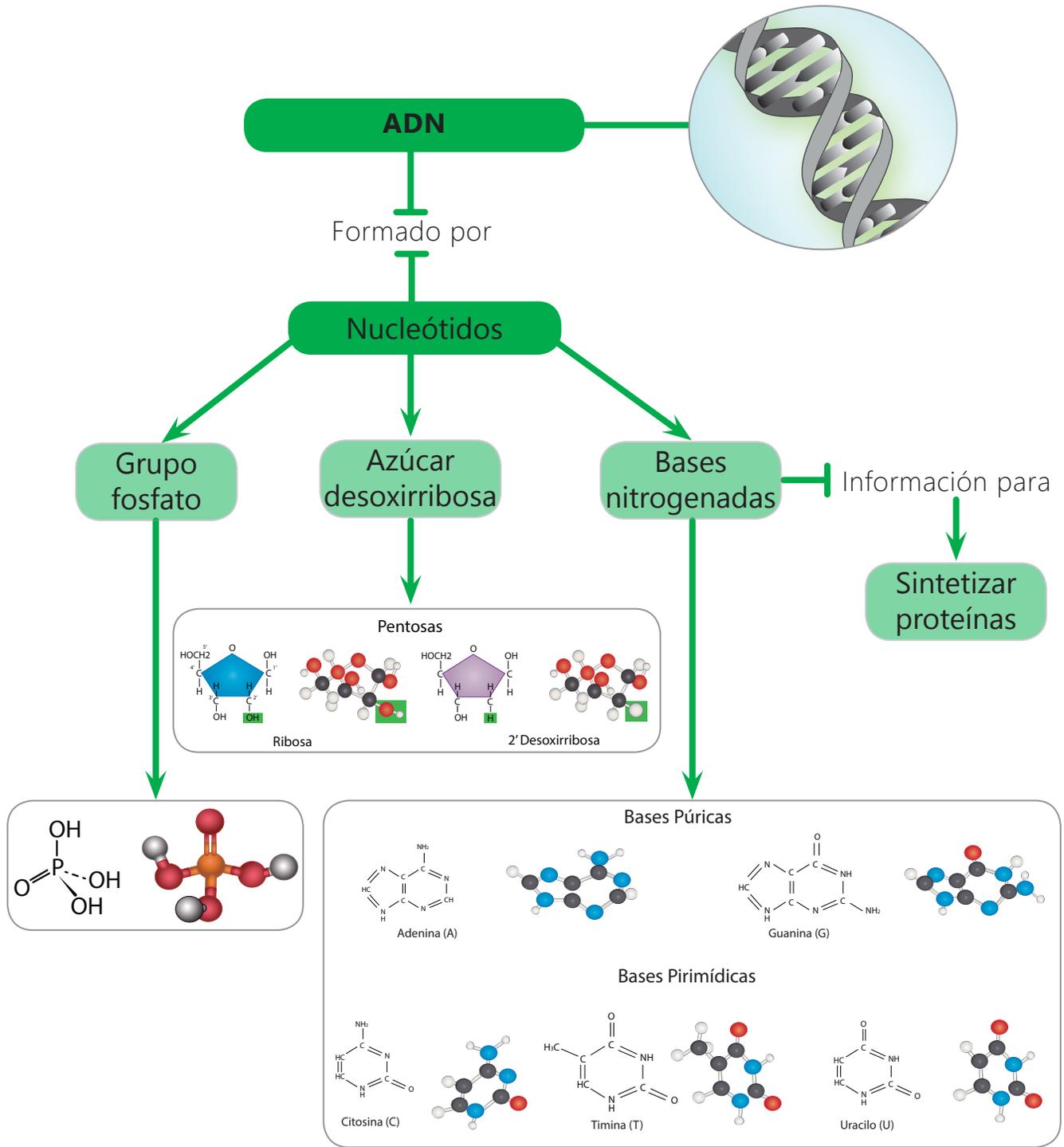
Una proteína es una secuencia de:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Es un compuesto orgánico que está formado por una base nitrogenada, un azúcar y ácido fosfórico.

: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

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



En la figura 49 se observa la secuencia del proceso de duplicación, transcripción y traducción de ADN.

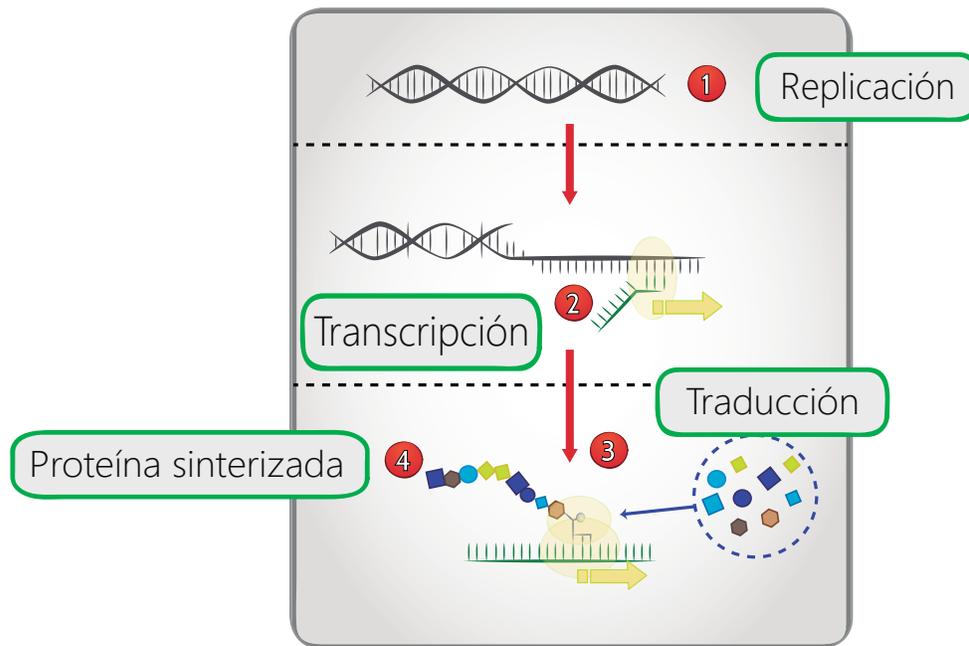
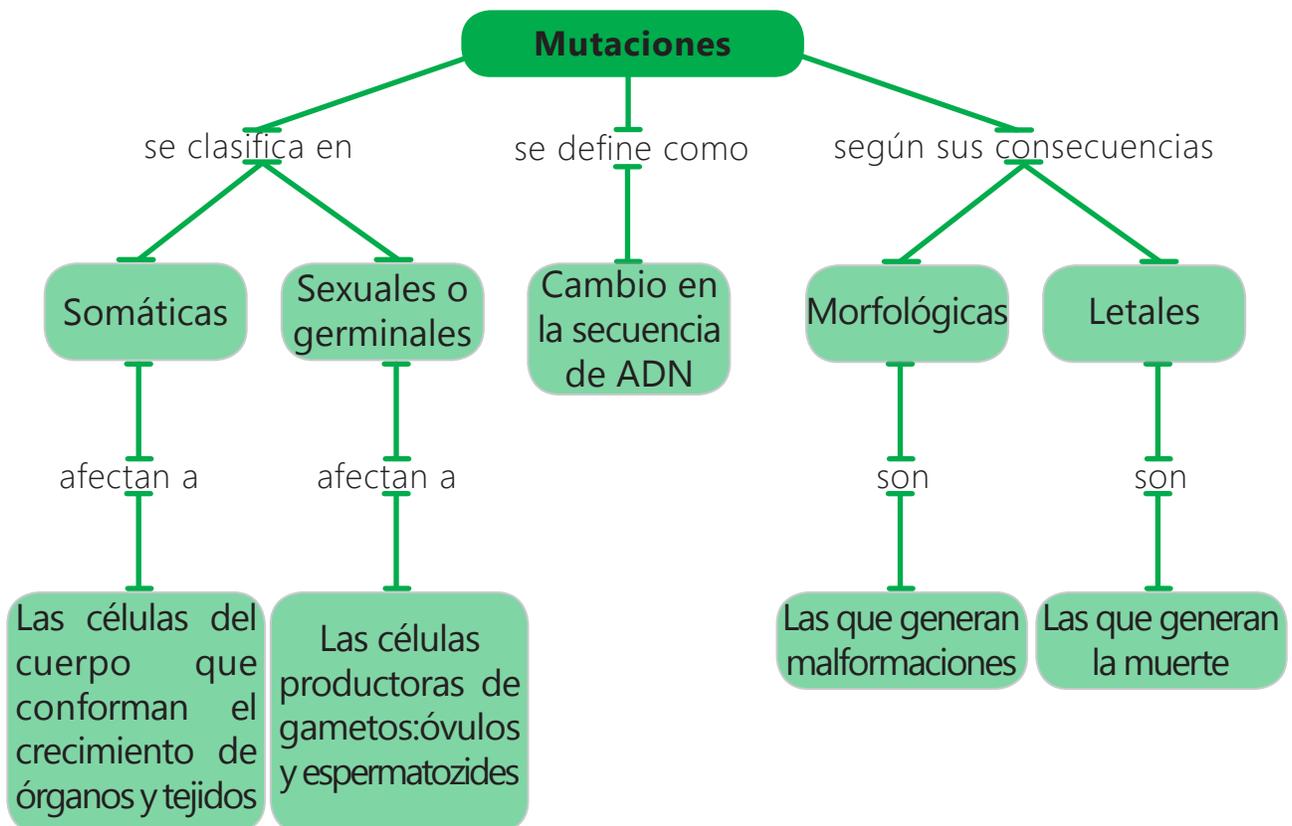


Figura 49. Proceso de Duplicación, transcripción y traducción de ADN

Mapa conceptual Mutaciones



Toma una hoja, divídela en seis partes y nómbralas como indica la tabla 7.

Posteriormente agrega lo que recuerdes de cada término, y rota la hoja entre tus compañeros para que complementen la información.

Tabla 7. Realimentación de términos

<b>ADN</b> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<b>ARN</b> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
<b>Proteína</b> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<b>Mutación</b> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
<b>Transcripción</b> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<b>Traducción</b> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

## El proyecto Genoma Humano: una nueva realidad <sup>3</sup>

En junio de 1985, en medio de reuniones dirigidas a esbozar la tarea práctica de la secuenciación del genoma humano en la Universidad de California, Santa Cruz, y con las condiciones científicas y tecnológicas de la década de 1980, se había convertido en un catalizador para estas discusiones.

Clonación de ADN y métodos de secuencia desarrollados a mediados y finales de 1970, estaban siendo explotados por los científicos que consideraban que la secuenciación del genoma humano parecía posible a nivel experimental. Fundamentalmente, los investigadores fueron, al mismo tiempo, empezando a aplicar soluciones informáticas a la genética y la secuenciación del ADN, el desarrollo de métodos que harían factible la tarea de generar y manejar los datos genéticos a nivel mundial.

Este gran nuevo concepto - un "Proyecto Genoma Humano" - tenía fuertes partidarios, quienes argumentaron que el desciframiento del genoma humano podría conducir a una nueva comprensión y beneficios para la salud humana, así como personajes y entidades que no apoyaban un proyecto de esta magnitud, pues temían que la naturaleza del ser humano pudiera ser explicada a partir solo de la "simpleza" de una cadena y partiendo de cuatro letras, que conforman los nucleótidos.

El Proyecto Genoma Humano se puso en marcha en 1990, a través de fondos de los Institutos

Nacionales de Salud (NIH) y el Departamento de Energía, cuyos laboratorios se unió con colaboradores internacionales y resueltos para secuenciar el 95% del ADN en las células humanas en sólo 15 años. Mientras tanto en el Reino Unido, John Sulston y sus colegas en el Laboratorio de la MRC de Biología Molecular en Cambridge, había, durante varios años, trabajado en el mapa del genoma del gusano nematodo y había resuelto que la secuenciación de todo el genoma del gusano fue finalmente factible.

Poco a poco, los laboratorios de todo el mundo comenzaron a producir la secuencia de ADN. En 1994, el Instituto Sanger había producido sus primeros 100.000 bases de la secuencia de ADN humano.

El Proyecto Genoma Humano (PGH) fue una de las grandes hazañas de la exploración de la historia - un viaje hacia el interior de los descubrimientos en lugar de una exploración hacia el exterior del planeta o el cosmos; un esfuerzo de investigación internacional para secuenciar y mapear todos los genes - conocidos en conjunto como el genoma - de los miembros de nuestra especie, el Homo sapiens. Terminado en abril de 2003, el PGH nos dio la posibilidad, por primera vez, de leer el mapa genético completo de la naturaleza para la "construcción de un ser humano".

---

<sup>3</sup> Tomado de: Instituto de sanger, Facultad de ciencias, departamento de genética.  
<http://www.sanger.ac.uk/about/history/hgp/> con licencia Creative Commons



# Lista de figuras

Figura 1. *Estructura de ADN*. Chemistry. (2013, MAYO 14). Artist's impression of an RNA strand. [Ilustración]. Obtenido de: [https://c2.staticflickr.com/8/7287/8737208097\\_f9441a4000\\_b.jpg](https://c2.staticflickr.com/8/7287/8737208097_f9441a4000_b.jpg)

Figura 2. *Cromosoma*

Figura 3. *ADN*

Figura 4. *Gen*

Figura 5. *Estructura del ADN*

Figura 6. *Gregor Mendel*. Materials scientist. (1901,, diciembre 31). Gregor Mendel en una fotografía publicada en l'obra de Bateson de 1902. [Dibujo]. Obtenido de: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/36/Gregor\\_Mendel\\_Monk.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/36/Gregor_Mendel_Monk.jpg)

Figura 7. *Friedrich Miescher*. Tomado de: [http://es.wikipedia.org/wiki/Friedrich\\_Miescher#mediaviewer/File:Friedrich\\_Miescher.jpg](http://es.wikipedia.org/wiki/Friedrich_Miescher#mediaviewer/File:Friedrich_Miescher.jpg)

Figura 8. *Frederick Griffith*. Tomado de: [http://en.wikipedia.org/wiki/Frederick\\_Griffith#mediaviewer/File:Griffithm.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Frederick_Griffith#mediaviewer/File:Griffithm.jpg)

Figura 9. *Phoebus Levene*. Tomado de: [http://en.wikipedia.org/wiki/Phoebus\\_Levene#mediaviewer/File:Levene.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Phoebus_Levene#mediaviewer/File:Levene.jpg)

Figura 10. *Erwin Chargaff*

Figura 11. *Watson y Crick a la derecha*. Tomado de: [http://en.wikipedia.org/wiki/DNA#mediaviewer/File:Maclyn\\_McCarty\\_with\\_Francis\\_Crick\\_and\\_James\\_D\\_Watson\\_-\\_10.1371\\_journal.pbio.0030341.g001-O.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/DNA#mediaviewer/File:Maclyn_McCarty_with_Francis_Crick_and_James_D_Watson_-_10.1371_journal.pbio.0030341.g001-O.jpg)

Figura 12. *Edwards y Steptoe*. Tomado de: <https://www.linkedin.com/pulse/20141015225258-31515886-sir-robert-geoffrey-edwards-invented-the-first-test-tube-baby>

Figura 13. *Maquinaria del proyecto genoma humano*. Tomado de: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Projeto\\_Genoma#mediaviewer/File:DNA-Sequencers\\_from\\_Flickr\\_57080968.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Projeto_Genoma#mediaviewer/File:DNA-Sequencers_from_Flickr_57080968.jpg)

Figura 14. *Procedimiento paso 1*

Figura 15. *Pulpa de levadura*

Figura 16. *Sustancia de lisis*

Figura 17. *Agregar sal*

Figura 18. *Fibras de ADN*

Figura 19. *ADN y ARN*

Figura 20. *Duplicación del ADN*

Figura 21. *Duplicación del ADN*

Figura 23. *Mitosis*

Figura 24. *Meiosis*

Figura 25. *Meiosis*

Figura 26. *Mitosis y desarrollo*

Figura 27. *Cariotipo de cromosomas*. National Cancer Institute. (1997). Karyotype (Normal). [Fotografía].  
Obtenido de: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/86/Karyotype\\_\(normal\).jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/86/Karyotype_(normal).jpg)

Figura 28. *Reparación directa*

Figura 29. *Mutación química*

Figura 30. *Mutaciones inducidas por exposición a radiación*

Figura 31. *Mutaciones genómica* U.S.Government. (5 de Octubre, 2006), 21 trisomy - Down syndrome.  
png. Obtenido de: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:21\\_trisomy\\_-\\_Down\\_syndrome.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:21_trisomy_-_Down_syndrome.png)

Figura 32. *Neurofibromatosis*. Enigma51. (2009, Marzo 18). Neurofibrome der Haut, makroskopisches Bild. [Fotografía]. Obtenido de: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3b/Neurofibroma02.jpg>

Figura 33. *Mariposas Zizeeria, después del accidente nuclear de Fukushima*

Figura 34. *Gráfica de investigación de la radiación en mariposas con el accidente de Fukushima*

Figura 35. *Iniciación del proceso de transcripción*

Figura 36. *Alargamiento*

Figura 37. *Terminación*

Figura 38. *Transcripción síntesis de ARN a partir de la información del ADN*

Figura 39. *Transcripción*

Figura 40. *Iniciación de la traducción*

Figura 41. *Proceso de alargamiento*

Figura 42. *Proceso de alargamiento*

Figura 43. *Proceso de alargamiento*

Figura 44. *Proceso de alargamiento*

Figura 45. *Proceso de terminación*

Figura 46. *Transcripción*

Figura 47. *Formación de proteínas*

Figura 48. *ADN*. Tomado de: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a1/Molecula\\_adn.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a1/Molecula_adn.jpg)

Figura 49. *Proceso de Duplicación, transcripción y traducción de ADN*

## Lista de tablas

Tabla 1. *Tipos de ARN*

Tabla 2. *Mitosis y meiosis*

Tabla 3. *Diferencias entre mitosis y meiosis*

Tabla 4. *Mutaciones somáticas y germinales*

Tabla 5. *Mutaciones Cromosómicas*

Tabla 6. *Información genética*

Tabla 7. *Realimentación de términos*

# Referencias

*Education Portal.* (2003- 2015). Education Portal. Recuperado el 29 de Enero de 2015, de Education Portal: <http://education-portal.com/academy/subj/science/biology.html>

*Sanger Institute, Genome Research Limited.* (30 de Enero de 2013). Sanger Institute. Recuperado el 29 de Enero de 2015, de Sanger Institute: <http://www.sanger.ac.uk/about/history/hgp/>