

## **LA MOLÉCULA DE ADN**

### **GUÍA DEL MAESTRO**

**AUTORA:** María L. Ortiz Hernández

**MATERIA:** Ciencia

**NIVEL:** Intermedio

**CONCEPTO PRINCIPAL:** ADN

**CONCEPTOS SECUNDARIOS:** nucleótidos, complementariedad, antiparalelo, helicoidal

**CONOCIMIENTO PREVIO:** la célula - estructuras y función; los procesos de la ciencia

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE APRENDIZAJE**

#### **Objetivos conceptuales:**

- Describe la estructura básica de una molécula de ADN.
- Nombrar las unidades que forman un nucleótido.
- Explicar la importancia de los nucleótidos en la estructura de la molécula de ADN.

#### **Objetivos procedimentales:**

- Construye e interpreta modelos o diagramas de la molécula de ADN.
- Experimenta con varias sustancias domésticas para extraer el ADN de algunas frutas.

#### **Objetivos actitudinales:**

- Valora la importancia de la molécula de ADN como el material de la herencia.
- Reconoce la importancia del uso de modelos así como sus limitaciones en el estudio de las ciencias.
- Acepta, respeta y reconoce los trabajos e ideas de otros.

### **ESTÁNDARES, EXPECTATIVAS Y ESPECIFICIDADES:**

#### **La conservación y el cambio:**

C.7.2 Determina que el material genético de las células transmite las características hereditarias de una generación a otra.

C.7.2.3 Describe la estructura básica de una molécula de ADN.

#### **Los sistemas y los modelos:**

SM.7.1 Identifica que la célula, tejidos y órganos forman sistemas que funcionan en forma coordinada para llevar a cabo funciones vitales.

SM.7.1.1 Reconoce que los sistemas se componen de elementos que laboran en forma armoniosa.

SM.7.3 Construye e interpreta diferentes tipos de modelos utilizando instrumentos y equipos tecnológicos.

SM.7.3.1 Reconoce la importancia del uso de modelos así como sus limitaciones en el estudio de las ciencias.

SM.7.3.2 Utilizando diferentes medios construye modelos: célula vegetal, animal, células eucariotas y procariotas, sistemas de anatomía y fisiología del cuerpo humano, niveles tróficos de energía, cadena de ADN, mitosis y meiosis y plantas

SM.8.1 Analiza la utilidad y limitación de los modelos

SM.8.1.3 Reconoce las limitaciones de los modelos.

**Naturaleza de la ciencia, tecnología y sociedad:**

NC.7.5 Identifica eventos en los que la ciencia y la tecnología han impactado a la sociedad.

NC.7.5.4 Reconoce cómo la ingeniería genética ha contribuido a la producción de alimentos, insecticidas, agricultura y otros.

NC.9.4 Evalúa el impacto del desarrollo tecnológico en la ciencia y la economía sobre la calidad de vida.

NC.9.4.1 Establece la relación entre la ciencia, la tecnología y la sociedad.

**TRASFONDO**

Todos los organismos, desde el unicelular más sencillo hasta el vertebrado más avanzado, tienen ADN como material genético. El ADN es el material químico que compone los genes responsables de la transmisión de las características hereditarias de una generación a otra.

En los años 1920 el químico alemán Robert Feulgen, utilizando una tinción específica, descubrió que el ADN estaba contenido en los cromosomas. En 1944 Avery, McCleod y MacCarty comprobaron que el ADN es el portador de la información genética. En 1953 Watson y Crick presentaron un modelo de la estructura del ADN como una doble hélice complementaria parecida a una escalera de caracol. Este modelo de ADN fue desarrollado luego que ellos hicieron un análisis de los resultados obtenidos por Rosalind Franklin utilizando la técnica de difracción de rayos X, donde reveló de manera inconfundible una fotografía de la estructura espiral de la molécula de ADN. También ellos analizaron los trabajos de Chargaff, en los cuales se concluye que en diferentes especies la proporción de adenina es igual a la proporción de timina y que la proporción de guanina es igual a la proporción de citosina.

En la actualidad los trabajos realizados en la biotecnología, la ingeniería genética y sus aplicaciones a la agricultura y a la investigación requieren que conozcamos y valoremos la importancia de la molécula de ADN como el material de la herencia.

**GLOSARIO**

1. **Ácido nucléico** - molécula larga compuesta por la repetición de unidades básicas llamadas nucleótidos.
2. **ADN** - significa "*ácido desoxirribonucleico*". El ADN es el material genético, es decir, el material que determina las características heredadas.
3. **Antiparalelismo** – situación en la que la molécula de ADN está dispuesta en paralelo, pero dirigidas en sentido opuesto. Una hebra corre del grupo fosfato en el carbono 5' del azúcar y la otra hebra corre del grupo –OH en el carbono 3' de la azúcar.
4. **Complementariedad** - se refiere a que las bases nitrogenadas estén apareadas A - T y G - C.
5. **Cromosomas** - son estructuras del núcleo de la mayoría de las células. Los cromosomas están hechos de proteínas y ADN.
6. **Gene** – secuencia ordenada de nucleótidos que contiene la información necesaria para la síntesis de una proteína.
7. **Nucleótido** – unidad que forma los ácidos nucléicos (ADN y RNA) y está formado por un azúcar, un fosfato y una base nitrogenada.

**Pre prueba:** Se administrará de manera individual. Tendrán 10 minutos.

Materiales por grupo	
tempera (cuatro colores distintos) 28 tachuelas por participante 1 tarugo por participante (para picar) 2 pinceles 1 rollo de papel toalla 1 cinta adhesiva 2 cartapacios plásticos 2 martillos pequeños 5 tijeras 1 <i>sharpie</i> 2 papelotes 2 <i>stickers</i> (igual forma, pero de diferentes colores por persona) 2 DNA <i>model kit</i> (Carolina Biological Supply Co.) 1 cronómetro 1 objeto cortante 1 gradilla	3 diferentes frutas (fresas, kiwi y guineo) 9 mL líquido de fregar regular 7.5 g sal de mesa 3 bolsas con cierre de seguridad 3 pedazos de paño desechable ( <i>handy wipes</i> ) 24 mL alcohol isopropílico frío (50%, 70% y 91%) ½ litro de agua destilada 3 tubos de ensayo 3 vasos desechables plásticos 8 onzas 1 nevera con hielo 5 reglas 1 caja de marcadores 3 probetas de 10 mL, 25 mL 3 beaker de 100 mL

### PROCESO EDUCATIVO

#### INICIO

En esta actividad se explora el conocimiento que tienen los participantes del tema.

1. El capacitador prepara en un papelote o cartulina una tabla que contenga la información que se presenta a continuación:

#### Tema: Estructura básica de la molécula de ADN

Ninguno	Poco	Regular	Bastante
No sé nada del tema.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conozco el significado de ADN y algo de su función.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conozco el significado de ADN y sus funciones.</li> <li>Puedo identificar la estructura donde se encuentra el ADN.</li> <li>Puedo describir la estructura básica de la molécula de ADN (nucleótidos).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conozco el significado de ADN y sus funciones.</li> <li>Puedo identificar la estructura donde se encuentra el ADN.</li> <li>Puedo describir la estructura básica de la molécula de ADN (nucleótidos).</li> <li>Puedo explicar porque las cadenas del ADN son complementarias.</li> <li>Puedo explicar la diferencia entre las bases nitrogenadas purinas y pirimidinas.</li> <li>Puedo explicar la orientación antiparalela de las cadenas del ADN.</li> </ul>



ALACiMa²

2. El capacitador le entrega un sello (*sticker*) del mismo color a cada participante.
3. Se pide a cada participante que lea la información contenida en cada columna de la tabla y que coloquen el sello en la columna que mejor represente su percepción del conocimiento que tienen del tema.
4. Se analiza brevemente la ubicación de los sellos para tener una idea del conocimiento que piensan los participantes que tienen del tema a discutirse.
5. El capacitador necesita tener sellos de otro color para realizar la misma rutina al terminar la discusión del tema. Se espera que al finalizar la discusión del tema se observe en la tabla un aumento de sellos en las columnas que representen un mayor conocimiento del tema.

## DESARROLLO

### Actividad # 1: ¿Cómo es el ADN?

### Hoja de trabajo #1

**Materiales:** Lectura- ¿Cómo es el ADN?

#### Procedimiento:

1. Los participantes comienzan la actividad realizando la lectura - ¿Cómo es el ADN? de forma individual.
2. Finalizada la lectura, los participantes trabajarán en grupos para contestar las preguntas de análisis que se encuentran en la Hoja de trabajo # 1.
3. Una vez contestadas las preguntas, se realiza la discusión oral de éstas utilizando la presentación en Power Point.
4. Para finalizar la actividad, el capacitador pregunta a los participantes cómo podrían demostrar el conocimiento construido durante la lectura.  
*Los participantes pueden mencionar haciendo modelos o juegos. Otros podrían hacerlo en sus propias palabras. A partir de esta pregunta se hace la conexión a las siguientes actividades.*

### Actividad # 1: ¿Cómo es el ADN?

### Hoja de trabajo #1

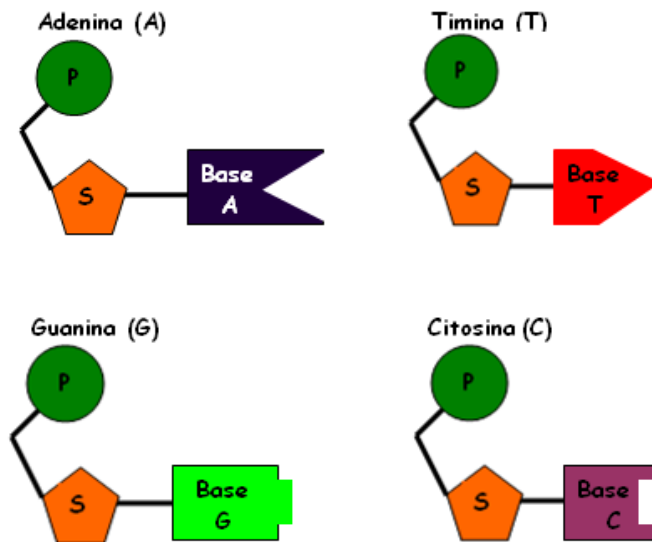
#### Introducción

Las características hereditarias están determinadas por los **genes** (un conjunto de instrucciones para un carácter heredado) y estos genes se pasan de una generación a otra. Los genes forman parte de los **cromosomas**, que son estructuras del núcleo de la mayoría de las células. Los cromosomas están hechos de proteínas y ADN. **ADN** significa “**ácido desoxirribonucleico**”. El ADN es el material genético, es decir, el material que determina las características heredadas.

#### Nucleótidos: las subunidades del ADN

En todos los sistemas biológicos el ADN es la molécula que lleva la información hereditaria. El ADN está hecho de subunidades llamadas nucleótidos. Un nucleótido se forma con un azúcar (pentosa), un fosfato y una base nitrogenada. Los nucleótidos son idénticos, excepto por la base nitrogenada. Las cuatro bases nitrogenadas son adenina, timina, guanina y citosina. Cada base nitrogenada tiene una forma diferente según puede observarse en la Figura 1. Los científicos suelen referirse a ellas con la primera letra del nombre: A, T, G y C.

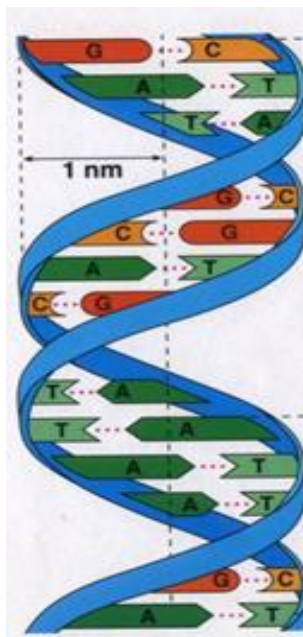
Figura 1: Los cuatro nucleótidos del ADN



### La estructura doble del ADN

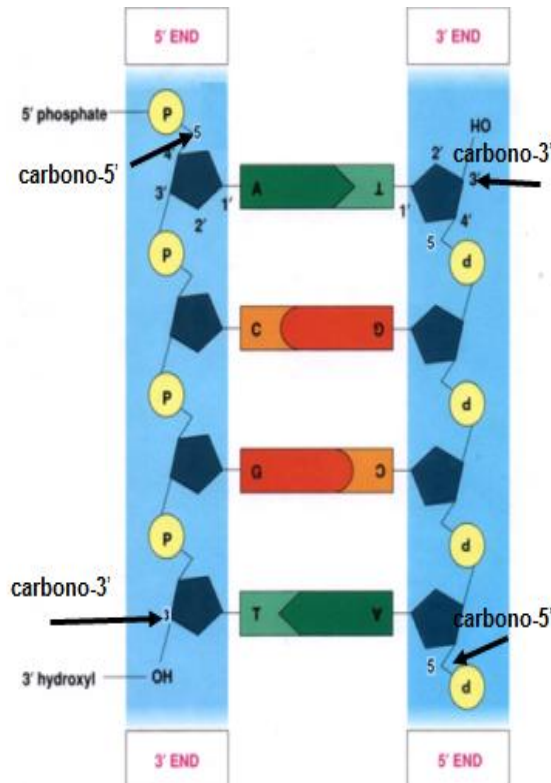
En la **Figura 2** se muestra la forma del ADN. Molécula de dos hebras que parece una escalera en espiral. Esta forma se conoce como **doble hélice**. Ambos lados de la escalera están hechos de pares de bases nitrogenadas. La **adenina** de un lado del peldaño **siempre va** con la **timina** del otro lado. La **guanina siempre va** con la **citocina**.

Figura 2



La **Figura 3** muestra la orientación **antiparalela** de las cadenas de la molécula de ADN. La molécula de ADN está dispuesta en paralelo, pero dirigidas en sentido opuesto. Una hebra corre del grupo fosfato en el carbono 5' del azúcar y la otra hebra corre del grupo -OH en el carbono 3' de la azúcar.

**Figura 3**



**Preguntas de análisis:**

- Indica la trayectoria para encontrar el ADN. Coloca los siguientes términos en el orden correspondiente para llegar al ADN desde el exterior de la célula.

Cromosoma, Membrana celular, Núcleo, Gene, ADN, Célula

Célula, Membrana celular, Núcleo, Cromosoma, Gene, ADN

- ¿Qué significa ADN? ¿Por qué es importante?

ADN significa ácido **desoxirribonucleico**.

El ADN es el portador de la información genética de cada individuo.

- ¿Cómo se nombran a las estructuras que forman el ADN?

El ADN está hecho de subunidades llamadas nucleótidos. Un nucleótido se forma con un azúcar, un fosfato y una base nitrogenada.

4. ¿Qué diferencia existe entre los distintos nucleótidos que constituyen la molécula de ADN?

*Los nucleótidos son idénticos, excepto por la base nitrogenada.*

5. Menciona los nombres de las bases nitrogenadas que se encuentran en los nucleótidos de la molécula de ADN.

*Las cuatro bases son adenina, timina, guanina y citosina.*

6. ¿Qué forma tiene la molécula de ADN?

*Molécula de dos hebras que parece a una escalera en espiral. Esta forma se conoce como doble hélice.*

7. ¿Por qué decimos que las dos hebras de la cadena de ADN son complementarias?

*Porque la adenina de un lado del peldaño siempre va con la timina del otro lado y la guanina siempre va con la citosina.*

8. ¿En qué se basa la estructura de la información hereditaria de cada individuo?

*Se basa en las múltiples combinaciones entre estos cuatro nucleótidos (T, A, G, y C).*

9. La abuelita de Luis tiene los ojos verdes, su hijo mayor y Luis, también tienen los ojos verdes. ¿Qué factores habrán ocasionado este suceso?

*La información hereditaria contenida en el ADN que ha pasado de generación en generación.*

## Actividad # 2: ¡Cadenas antiparalelas y complementarias!

## Hoja de trabajo #2

**Materiales:** Presentación en Power Point

### Procedimiento:

1. El capacitador comienza la actividad preguntando a los participantes si alguien puede mencionar cómo son las dos cadenas que forman la molécula de ADN. Se espera que los participantes indiquen que son antiparalelas y complementarias.
2. El capacitador le indica a los participantes que durante la actividad se estarán demostrando esas dos características de la molécula de ADN y que deben estar muy atentos para que puedan identificar todos los elementos involucrados en su estructura.
3. Divida a los participantes en 4 grupos. Los participantes representan las bases nitrogenadas: **A**, **T**, **G**, y **C**.



4. Recordarle a los participantes la regla: La **A** va con la **T**, y viceversa; y la **G** va con **C** y viceversa.
5. El brazo izquierdo de cada persona será extendido hacia el frente y el brazo derecho se extenderá hacia el lado. Si se observa desde lo alto se formará la posición "L".



6. El **brazo izquierdo** representa el fosfato en el nucleótido de la molécula de ADN; el **cuerpo** representa el azúcar (desoxirribosa) del nucleótido; y el **brazo derecho** representa la base nitrogenada.
7. El **hombro izquierdo** representa el carbono 3' del azúcar, al que se unirá el grupo fosfato del siguiente nucleótido (representado por el brazo izquierdo de la siguiente persona que se encuentra detrás).
8. El **hombro derecho** representa el carbono 1' del azúcar, al que se une la base (representada por la mano derecha).
9. Asignar las configuraciones de la mano derecha:



El grupo **C** formará una curva dejando su mano parcialmente abierta.



El grupo **T** formará un gancho creando una curva con su dedo índice.



El grupo **G** cerrará su mano.



El grupo **A** formará el signo de "OK" tocando sus dedos índice y pulgar.

10. Mezclar los participantes para que los cuatro grupos estén presentes.



11. Sacar al azar la mitad de los participantes del grupo, y colocarlos en línea.

12. Colocar la mano izquierda de un participante en el hombro izquierdo del siguiente participante que se encuentra al frente.
13. Colocar el brazo derecho extendido hacia un lado con la mano derecha en la configuración correspondiente.

Línea 1



14. Permitir que la otra mitad de los participantes asuman “la posición L” y la configuración correspondiente de la mano derecha.
15. Formar una segunda fila uniando las manos derechas de los participantes en dicha fila con la mano derecha de los participantes en la primera línea.

Línea 2



Línea 1



16. Finalizada esta parte de la actividad los participantes regresarán a sus respectivos asientos para contestar las preguntas de análisis y luego realizar la discusión oral de las mismas.
17. El capacitador le pregunta a los participantes si alguno puede indicar qué haría para mostrar a sus participantes la forma helicoidal de la molécula de ADN.  
*Nuevamente se espera que los participantes indiquen que lo podrían realizar mediante la construcción de un modelo de la molécula de ADN. Esta respuesta lleva a la próxima actividad.*

### Preguntas de análisis:

1. ¿Qué representó tu brazo izquierdo en esta actividad?

*El **brazo izquierdo** representa el fosfato en el nucleótido de la molécula de ADN.*

2. ¿Qué representaron tu cuerpo y tu mano derecha?

*El **cuerpo** representa el azúcar (desoxirribosa) del nucleótido; y el **brazo derecho** representa la base nitrogenada.*

**ALACiMa2**

3. ¿Qué estructura estaba representando tu cuerpo al colocarlo en la posición “L”?

*Un nucleótido.*

4. ¿Qué estructura estaban representando las dos filas de participantes que se formaron durante la actividad?

*Las dos hebras de la cadena de ADN.*

5. ¿Podemos decir que la segunda fila de participantes que se formó fue complementaria a la fila que se formó inicialmente? Explica.

*Sí, ya que se enlazaron con la base nitrogenada que le correspondía. A con T y C con G.*

6. ¿En qué posición u orientación se encontraba la línea de participantes que se formó primero versus la línea que se formó al final?

*Estaban en dirección opuesta.*

7. ¿Qué nombre se le podría dar a la orientación que tomaron ambas líneas de participantes en esta actividad? ¿Por qué?

*Es una orientación antiparalela, porque unos estaban orientados en una dirección y la otra fila en dirección opuesta.*

### Actividad # 3: ¡Construye tu modelo de la molécula de ADN!

### Hoja de trabajo #3A

#### Materiales:

Bolsa plástica que contiene las piezas que se describen en la siguiente tabla.

Cantidad	Unidad Modelo	Representa
3	tubo azul, $\frac{3}{4}$ "	Adenina (A)
3	3 tubo rojo, $\frac{3}{4}$ "	Timina (T)
3	tubo verde, $\frac{3}{4}$ "	Guanina (G)
3	tubo gris, $\frac{3}{4}$ "	Citosina ©
12	grapa negra de 3 patas	azúcar desoxirribosa
12	grapa roja de 2 patas	ácido fosfórico
6	grapa blanca de 2 patas	enlace de hidrógeno
24	tubos amarillos, $\frac{3}{4}$ "	unión azúcar-fosfato
1	tubo gris, 8 $\frac{1}{4}$ "	tubo de sostén
3	tubo verde, 2"	tubo de sostén
1	grapa negra de 4 patas	tubo de sostén

} Bases  
Nitrogenadas

**Procedimiento:**

1. El capacitador comienza preguntando a los participantes en qué le ayudará el construir un modelo de la molécula de ADN.  
*Se espera que respondan que le ayudará a entender mejor la estructura de la molécula de ADN.*
2. Para entender un modelo es importante que sepamos lo que representa cada pieza en el mismo, así que asegúrate de que las clasifiques, las identifiques y de que tienes las cantidades que se especifican de cada una.
3. Prepara el eje de sostén uniendo las tres patas (tubos verdes de 2") a la grapa negra de cuatro patas y pega el tubo largo gris de 8" a la grapa de cuatro patas. Pon el sostén a un lado.
4. Pega una base nitrogenada, tubos cortos de colores, azul (adenina), rojo (timina), verde (guanina) y gris (citosina) a cada azúcar desoxirribosa (grapa negra de tres patas). Debes obtener doce combinaciones de base + azúcar. Ver la Figura 1.



**Figura 1**

5. Ahora vas a construir la estructura doble de la molécula. Esto lo harás utilizando las piezas blancas que representan enlaces de hidrógeno. Estos enlaces son los que unen las piezas que ya construiste en el paso número 4. Los enlaces de hidrógeno requieren que **adenina (tubo azul)** se aparee con **timina (tubo rojo)** y que **guanina (tubo verde)** se aparee con **citosina (tubo gris)**. Deja a un lado las combinaciones moleculares que ya has construido y procede con la instrucción número 6.
6. Para formar los grupos fosfatos, pega a cada pieza roja dos de los tubos amarillos.
7. En este momento vas a construir la secuencia de nucleótidos que tendrá tu modelo. Pide a un compañero/a que te vaya entregando los pares de nucleótidos sin mirar el que te entrega (escoger al azar). Utiliza los grupos fosfatos que construiste para formar los brazos de la molécula. Esto lo lograrás pegando cada grupo fosfato a las patas que le quedan disponibles al azúcar desoxirribosa (grapas negras que ya tienen unidas las bases nitrogenadas – lo que construiste en el paso número 5). Cinco de estos grupos los utilizarás para un lado de la molécula y los otros cinco para el otro lado. Nota: (Los dos centros rojos y cuatro tubos amarillos que sobran se utilizarán más adelante en la construcción del modelo).
8. Para completar cada cadena de polinucleótido pega un tubo amarillo y un centro rojo (fosfato) a un azúcar terminal (grapa negra de 3 patas); pega solamente un tubo amarillo al otro terminal opuesto a éste. Estas adiciones representan el terminal 5' del fosfato y el terminal 3' de hidroxilo, respectivamente. Ya que las dos cadenas corren en direcciones opuestas, se dice que son antiparalelas.
9. Has construido un segmento de la molécula de ADN en dos dimensiones.

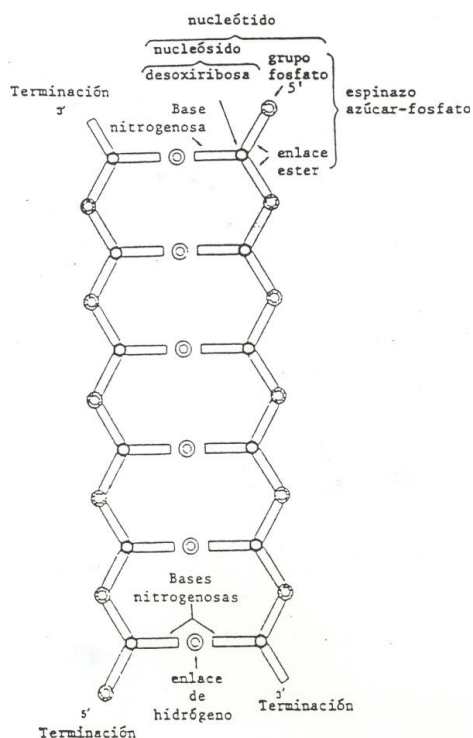


Diagrama esquemático del modelo de DNA

Figura 2

10. Para construir la doble hélice desliza el tubo gris de sostén a través de los agujeros del centro que representan los enlaces de hidrógeno que unen a las bases nitrogenadas (adenina – timina, guanina – citosina). Cuando el tubo llega al quinto par de nucleótidos, comienza a torcer el modelo en contra de las manecillas del reloj mientras continúas el movimiento de deslizamiento. Asegura todas las conexiones y, si es necesario, ajusta los pares de bases nitrogenadas de manera que queden paralelas y con espacios iguales. El tubo central representa el eje de la doble hélice. Ver la Figura 2.
11. Tu modelo ya está completo. Debe verse como aparece en la Figura 3. Si interesas ver una molécula con mayor información, puedes unir tu modelo al de otro compañero.
12. Una vez terminada la construcción del modelo, los participantes contestarán las preguntas de análisis de la actividad.
13. Discusión de las preguntas de análisis.
14. El capacitador pregunta a los participantes la importancia de utilizar el modelo de la molécula de ADN en esta actividad. Se escuchan las respuestas de los participantes y se procede con la presentación en *power point*.

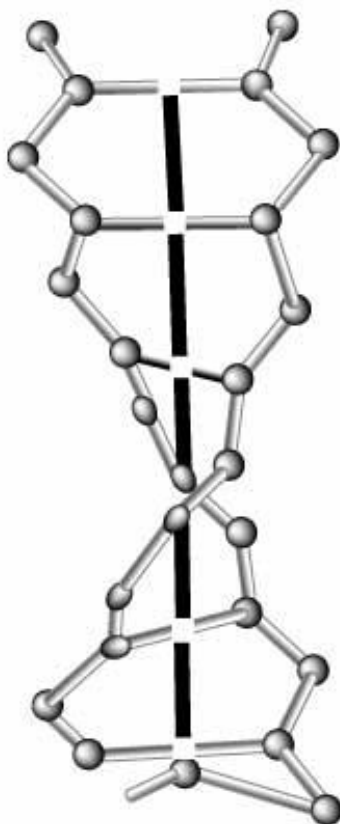


Figura 3

**Preguntas de análisis:**

1. ¿Cuáles son los tres componentes presentes en los nucleótidos de una molécula de ADN?  
*Un grupo fosfato, una azúcar (pentosa) y las bases nitrogenadas.*
2. ¿Con qué nombre se conoce la combinación de estos tres componentes?  
*Un nucleótido.*
3. ¿Qué tipo de enlace ocurre entre las bases de un nucleótido con otro para formar la doble cadena de polinucleótidos? *Puentes de hidrógeno*
4. Explica cómo ocurre el apareamiento entre las bases nitrogenadas. ¿Qué peculiaridad existe con respecto a este apareamiento?  
*Las bases nitrogenadas se aparean de forma exclusiva en la molécula de ADN: adenina siempre se une con timina y guanina con citosina, por esta razón se dice que son bandas complementarias.*
5. Escribe la secuencia de los nucleótidos presente en tu cadena de ADN.  
*Pueden varias las respuestas.*
6. ¿Qué importancia crees que tiene el que hayas colocado los pares de nucleótidos al azar? ¿Cómo compara tu modelo con el de los demás compañeros? Busca cuántos hay iguales al tuyo. ¿Qué nos puede estar demostrando esto?  
*Explica que el orden en que se colocan los nucleótidos ocurre al azar. Ninguno es igual. El ADN de cada persona es diferente.*

7. ¿Qué importancia biológica tiene lo que observaste en la pregunta anterior?

*Permite la variabilidad genética.*

Actividad: “Construcción de la molécula de ADN” – adaptada de la actividad original de la Dra. Michelle Borrero – UPR Río Piedras

#### **Actividad # 4: ¡A investigar cuando extraemos el ADN de las frutas!**

#### **Hoja de Trabajo # 4**

##### **Materiales por grupo:**

diferentes frutas (fresas, kiwi y guineo)	3 mL líquido de fregar regular
2.5 g sal de mesa (NaCl)	3 bolsas con cierre de seguridad pequeña
3 pedazos de paño desechable ( <i>Handy wipes</i> )	alcohol isopropílico frío (50%, 70% y 91%)
22 mL litro de agua destilada	3 tubos de ensayo
3 vasos desechables plásticos 8 onzas	1 nevera con hielo para todos los grupos
1 regla	1 marcador
3 probetas de 10 mL, 25 mL	3 vasos de análisis ( <i>beakers</i> ) de 100 mL
papel toalla	1 cronómetro
1 objeto cortante	1 gradilla

##### **Procedimiento:**

1. La actividad se trabajará en grupos cooperativos.
2. El capacitador le explica a los participantes que estarán realizando una investigación con tres frutas distintas. Un grupo trabajará con el guineo, otro con kiwi y otro con fresa.
3. El capacitador le pregunta a los participantes si en alguna ocasión han realizado la extracción del ADN de alguna fruta y qué protocolo han utilizado para realizar dicha extracción. Le pregunta a los participantes qué concentración de alcohol han utilizado para realizar la extracción del ADN y por qué han utilizado esa concentración. Se escuchan las respuestas de los participantes y se les indica que retomarán sus respuestas al finalizar la actividad.
4. Se explicará que cada grupo realizará una investigación por separado en la cual utilizarán tres concentraciones distintas de alcohol isopropílico para determinar cómo se afecta la precipitación de la molécula de ADN de la fruta que le corresponde a su grupo.
5. Antes de comenzar con el protocolo de extracción del ADN, los grupos deben establecer el problema y la hipótesis de la investigación en la Hoja de trabajo # 4. Se espera que al realizar esta actividad se haya discutido el tema de los procesos de la ciencia, pero el capacitador puede orientar al grupo que tenga alguna duda durante la actividad.
6. Preparar solución de extracción
  - a. Cada grupo preparará tres soluciones amortiguadoras conteniendo los siguientes materiales:
    - Mide 3 mL de detergente líquido de fregar en una probeta de 10 mL y verter en un *beaker* de 100 mL.
    - Mide 22 mL de agua destilada y verter en el *beaker* que ya contiene el detergente. Evita la formación de burbujas.
    - Añade 2.5 g de sal de mesa y mezclar lentamente todos los materiales.
7. Colocar y mantener el alcohol isopropílico (en tres concentraciones distintas 50%, 70% y 91%) en una nevera con hielo.
8. Remover las hojas o cáscaras de las frutas.
9. Colocar la fruta a utilizar en una bolsa con cierre de seguridad y macerar la fruta hasta obtener una consistencia bien blanda. Repite este paso en tres bolsitas distintas.



ALACiMa²

10. Añade 25 mL de la solución amortiguadora al contenido que se encuentra en cada bolsa. Cierra bien y evita la formación de burbujas.
11. Coloca la bolsa horizontalmente y con mucho cuidado sobre el papel toalla. Verificar que el macerado de la fruta esté cubierto con la solución amortiguadora por espacio de 5 minutos.
12. Coloca el paño desechable sobre el vaso plástico y filtra la fruta macerada. Luego descarta el paño con el resto de la fruta. Repetir este paso para las tres bolsitas con la fruta macerada.
13. Utiliza la regla y marca tres tubos de ensayo a una distancia de 5 cm y 10 cm desde abajo hacia arriba. Rotula cada tubo de ensayo con la concentración del alcohol isopropílico que utilizarás.
14. Añade a cada tubo de ensayo un volumen de filtrado hasta llegar a la marca de 5 cm.
15. Añade a cada tubo de ensayo un volumen de alcohol isopropílico (50%, 70% o 91%) frío hasta llegar a la marca de 10 cm. Observa lo que sucede en cada tubo de ensayo y anótalo en la tabla de datos que aparece en la Hoja de trabajo # 4.
16. Contestar y discutir las preguntas de análisis de la actividad.
17. El capacitador puede preparar una tabla de datos (en la presentación, en una cartulina o en un papelote) en la que los grupos anoten la fruta que usaron y las observaciones acerca de cuál concentración de alcohol se observó mejor la precipitación del ADN de la fruta.

**Completa la siguiente información de la actividad:**

1. Problema de la investigación
2. Hipótesis de la investigación
3. Completa la tabla de datos

Observación	Concentración de alcohol isopropílico		
	50%	70%	91%

**4. Preguntas de análisis:**

- a. ¿Cuál es la variable independiente en esta investigación?

*La concentración de alcohol isopropílico.*

- b. ¿Cuál es la variable dependiente de esta investigación?

*La precipitación del ADN.*

- c. ¿Por qué es importante macerar la fruta?

*Ayuda a exponer y al rompimiento de la paredes celulares y las membranas celulares.*

- d. ¿Cuál es la función de la sal?

*Para poder extraer el ADN de una célula, primero deben retirarse las membranas y proteínas asociadas, y después separarse de manera física del ADN. La sal interrumpe las interacciones del ADN con el agua de la solución para facilitar que se precipite o salga de solución.*

e. ¿Cuál es la función del detergente?

*Emulsionan (dispersión de un líquido en otro no miscible con él) los lípidos de las membranas celulares y las rompen. Los detergentes se usan para romper las paredes y membranas celulares y nucleares.*

f. ¿Por qué hay que filtrar?

*Se filtra para eliminar cualquier partícula de gran tamaño.*

g. ¿Cuál es la función del alcohol?

*Al añadir el alcohol se consigue separar el ADN, que tiene más afinidad con el alcohol que con el agua. El ADN se precipita. Además de permitirnos ver el ADN, el alcohol separa el ADN de otros componentes celulares, los cuales son dejados en la solución acuosa. En resumen, quita agua y el ADN que está interactuando con las sales se precipita.*

5. Establece una conclusión

*Se espera que mientras más puro sea el alcohol la precipitación del ADN sea más efectiva ya que el ADN es soluble en agua, pero cuando se encuentra en alcohol se desenrolla y precipita en la interfase entre el alcohol y el agua.*

## CIERRE

### Actividad # 5: ¡Aplicamos lo aprendido!

### Hoja de Trabajo # 5

#### Materiales:

- Hoja de trabajo
- Presentación en *Power Point* para explicar lo que es un poema Cinquain

**Procedimiento:** La actividad se realiza de forma individual.

1. El capacitador explica lo que es un poema Cinquain.
2. Es una forma de poesía creada por la poeta estadounidense Adelaida Crapsey y publicada en 1915 en sus Poemas Completos. Esta breve composición pone énfasis en las sílabas y líneas, pues cada una de estas últimas tiene un propósito y un número de sílabas determinados. El poema Cinquain es una voz francesa que se deriva de la palabra cinq (cinco).

Línea 1º: Dos sílabas que formen un nombre o sustantivo

Línea 2º: Cuatro sílabas que lo describan

Línea 3º: Seis sílabas que denoten acción sobre el término inicial

Línea 4º: Ocho sílabas que proyecten sensibilidad o conocimiento sobre el sustantivo usado

Línea 5º: Dos sílabas que formen otro término similar al inicial

3. El Cinquain didáctico reemplaza la cantidad de sílabas por palabras. El participante utiliza el siguiente formato para escribir su poema Cinquain:

Nombre o sustantivo, lo que se desea describir

Dos adjetivos

Tres verbos

Cuatro palabras que expresan sensibilidad o conocimiento del autor del término utilizado

Nombre o sustantivo (sinónimo)

4. Se escogen participantes voluntarios que deseen compartir su poema con el resto de grupo.  
*Para finalizar la discusión del tema el capacitador le entrega un sticker a cada participante (de la misma forma que el que se utilizó al comienzo, pero de distinto color) para que éstos coloquen el mismo en la columna del papelote que represente su percepción del conocimiento que tienen de la molécula de ADN una vez terminada la capacitación del tema. Se realiza una reflexión del proceso.*

**Pos- Prueba:** Tendrán 10 minutos para contestarla individualmente. Luego se discutirá.

**Reacción evaluativa:** Se entregará una hoja a cada participante. Una vez finalicen, la entregarán al capacitador.

**Actividad adicional: ¡Construye tu modelo de la molécula de ADN!**

#### Materiales individuales:

½ cartapacio de micas fuerte  
 1 tarugos de madera  
 temperas (cuatro colores distintos)  
 28 tachuelas  
 1 martillo pequeño

2 pinceles  
 1 tijera  
 1 sharpie  
 1 pedazo de lija

#### Procedimiento:

1. El capacitador comienza preguntando a los participantes en qué le ayudará el construir un modelo de la molécula de ADN.  
*Se espera que respondan que le ayudará a entender mejor la estructura química de la hélice doble del ADN y sus funciones genéticas.*

2. Se le indica que estarán trabajando el modelo de forma individual.  
Para esta actividad, el capacitador deberá llevar los tarugos cortados a la capacitación. Cada tarugo debe picarse en 13 pedazos de 5 cm cada uno. Es importante que los lados del tarugo queden parejos al picarse. Si no lo están deben lijarse un poco.



Figura 1

3. Marcar con un lápiz por la mitad cada pedazo de tarugo. Cortar un pedazo de cinta adhesiva de 0.5 cm de ancho. Colocarlo alrededor de la marca que indica el punto medio de cada pedazo de tarugo, de esta manera, el espacio que está cubierto por la cinta adhesiva quedará sin pintarse y representará los enlaces de hidrógeno que unen las bases nitrogenadas.
4. Seleccionar cuatro colores diferentes para identificar las bases nitrogenadas. Cada mitad del tarugo debe estar pintado de distintos colores.
5. Preparar la leyenda: color y base nitrogenada. Por ejemplo: Puedes escoger **verde para Adenina** y **amarillo para Timina**. También puedes escoger **blanco para Guanina** y **rojo para Citosina**. Como la actividad de capacitación del tema se llevará a cabo en un solo día el capacitador debe llevar los pedazos de tarugos pintados.
6. Preparar 13 pares de base nitrogenada siguiendo la secuencia correspondiente. Al escribir las letras que representan tus pares de bases complementarias debes recordar que éstas se marcarán en direcciones opuestas para representar que las bandas o hebras de la molécula de ADN son antiparalelas.

7. Cortar dos pedazos de cartapacio plástico con las siguientes dimensiones: 2 cm de ancho por 28 cm de largo.



Figura 2

8. Colocar cada tachuela en la mica a una distancia de 1 centímetro para sujetar cada base con su base complementaria. No debes de ajustar demasiado la tachuela al tarugo. Una vez colocadas todas las tachuelas a los tarugos gira la cadena que se formó hasta observar la forma helicoidal de tu modelo de la molécula de ADN.

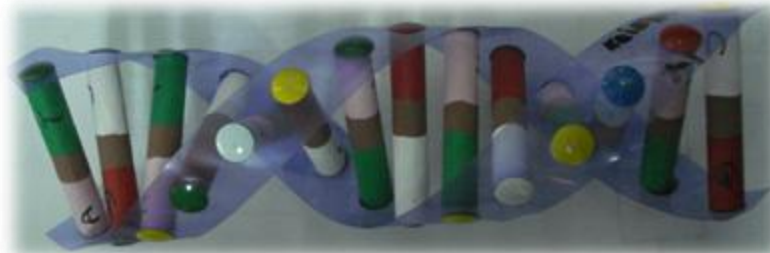


Figura 3

9. Contestar y discutir las preguntas de análisis de la actividad.
10. Una vez terminada la discusión de las preguntas, el capacitador le pregunta a los participantes si se han imaginado cómo se observaría el ADN extraído a varias frutas. Se le indica a los participantes que en la próxima actividad estarán haciendo dicho procedimiento,

### Preguntas de análisis:

1. Indica los colores que usaste para representar tus pares de bases complementarias.  
*Las respuestas pueden variar.*
2. Escribe la secuencia de las cadenas de tu molécula de ADN.  
*Las respuestas pueden variar.*

3. ¿Qué representa el espacio del tarugo que quedó sin pintar en el medio de los pares de bases de tu modelo de ADN. ¿Por qué son importantes?  
*Representan los puentes de hidrógeno. Son importantes porque permiten los enlaces entre las bases nitrogenadas y ayudan a que la molécula de ADN mantenga su forma helicoidal y antiparalela.*
4. ¿Qué representaban las tachuelas?  
*La azúcar (pentosa).*
5. ¿Qué representan las micas?  
*Los grupos fosfatos.*
6. Menciona las características de la molécula de ADN que puedes observar en tu modelo.  
*La molécula de ADN tiene forma helicoidal. Se compone de dos cadenas complementarias y antiparalelas.*

**BIBLIOGRAFÍA:**

Alexander, P., Bahret, M., Chaves, J., Courts, G. & D' Alessio, N. Biología. Prentice Hall. 1992.

Campbell, N., Mitchell, I. & Reece, J. Biología – Conceptos y Relaciones. Prentice Hall. Tercera Edición.

Holt, Rinehart and Winston. Introducción a la Biología. A Harcourt Education Company. 2008.