



LA DOBLE HÉLICE DE LA HERENCIA
PREPARADA POR: DR. MANUEL E. AQUINO
EDITADA Y MODIFICADA POR: DR. RICARDO CHIESA
NIVEL – CIENCIA 7-9

GUÍA DEL MAESTRO

ESTÁNDARES ATENDIDOS:

- 1) LA NATURALEZA DE LA CIENCIA
- 2) ESTRUCTURA Y LOS NIVELES DE ORGANIZACIÓN DE LA MATERIA
- 3) LOS SISTEMAS Y LOS MODELOS
- 6) LA CONSERVACIÓN Y EL CAMBIO

TIEMPO REQUERIDO PARA LA ACTIVIDAD: 2 PERÍODOS DE 50 MINUTOS

OBJETIVO GENERAL

Entender la forma tridimensional de la molécula de DNA y como esta estructura se relaciona con su función.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Nombrar las unidades (monómeros) que componen un nucleótido.
2. Señalar las diferencias entre el DNA y RNA.
3. Hacer un diagrama de una secuencia de por lo menos 10 nucleótidos de una cadena de

DNA:

D = desoxirribosa

P = fosfato

A, C, G, T = bases nitrogenadas

4. Describir el modelo Watson-Crick de la molécula de DNA.
5. Deducir del modelo Watson-Crick la explicación de las siguientes propiedades biológicas: reproducción y diversidad de los organismos.
6. Construir un modelo de la molécula de DNA. Esto le ayudará a entender mejor la estructura química de la hélice doble del DNA y sus funciones genéticas.

INTRODUCCIÓN

Todos los organismos, desde el unicelular más sencillo hasta el vertebrado más avanzado, tienen el ácido desoxiribonucleico (DNA) como material genético. Éste es el material químico del cuál están hechos los genes responsables de las características hereditarias de los individuos de una especie. Estas características pueden ser pasadas de una generación a otra. Aunque el DNA posee proteínas que se asocian a él, la información hereditaria está contenida en el DNA como tal. Algunos virus tienen como material genético RNA, ácido ribonucleico, pero esto es una excepción en la naturaleza.

Los ácidos nucleicos (DNA o RNA) están formados por la unión de nucleótidos (desoxinucleótidos forman el DNA y ribonucleótidos el RNA) en una forma repetitiva.

Los nucleótidos consisten de tres subunidades moleculares: un grupo fosfato (PO_4^-), una pentosa (azúcar de 5 carbonos) llamada desoxiribosa en el DNA (ribosa en el RNA) y una base nitrogenada (adenina, timina, citosina o guanina en el DNA y uracilo en lugar de timina en el RNA; Ver **Figura 1**) Cuando los nucleótidos están incorporados en el ácido nucleico, cada uno posee una de cada una de estas subunidades. Sin embargo, cuando están libres en una célula, se encuentran en forma trifosfatada (poseen tres grupos fosfatos). La energía presente en los grupos fosfatos adicionales se utiliza en la síntesis del ácido nucleico, es decir, en la formación de los enlaces covalentes que permiten formar el polímero de DNA.

TRASFONDO

Al comienzo del año 1866, Gregorio Mendel publica sus experimentos llevados a cabo con la planta de guisantes, donde postula la existencia de factores de naturaleza desconocida e inmutable (los genes) responsables de la transmisión de las características hereditarias. En 1869 el científico suizo Frederick Miescher encontró en el núcleo de células humanas que estaban en los vendajes de un hospital, una sustancia a la que llamó

“nucleína”. Hoy día esa sustancia se conoce como ácido desoxiribonucleico. En los años veinte (entre 1920 y 1929), el químico alemán Robert Feulgen, utilizando una tinción específica, descubrió que los cromosomas estaban hechos de DNA. En 1944, Avery, McCleod y MacCarty comprueban que el DNA es el portador de la información genética. En 1953, Watson y Crick presentan un modelo de la estructura del DNA como una doble hélice complementaria parecida a una escalera de caracol (en forma de espiral; Ver **Figura 2**). Las dos cadenas de desoxiribonucleótidos que forman una molécula de DNA son antiparalelas. Esto significa que los nucleótidos en una cadena están orientados de forma opuesta a como están orientados en la otra cadena (cadena complementaria). Este modelo de DNA fue presentado luego que ellos hicieron un análisis de los resultados obtenidos por Rosalind Franklin, quién utilizó la técnica de difracción de rayos X, donde reveló de manera inconfundible una placa de rayos X con la estructura helical de la molécula de DNA. 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 y que la suma de timina y citosina es igual a la suma de adenina y guanina, fueron de suma importancia para el modelo de Watson y Crick con relación a la complementariedad entre las bases nitrogenadas de los nucleótidos y la formación de la doble hélice.

NUCLEOTIDO ADN

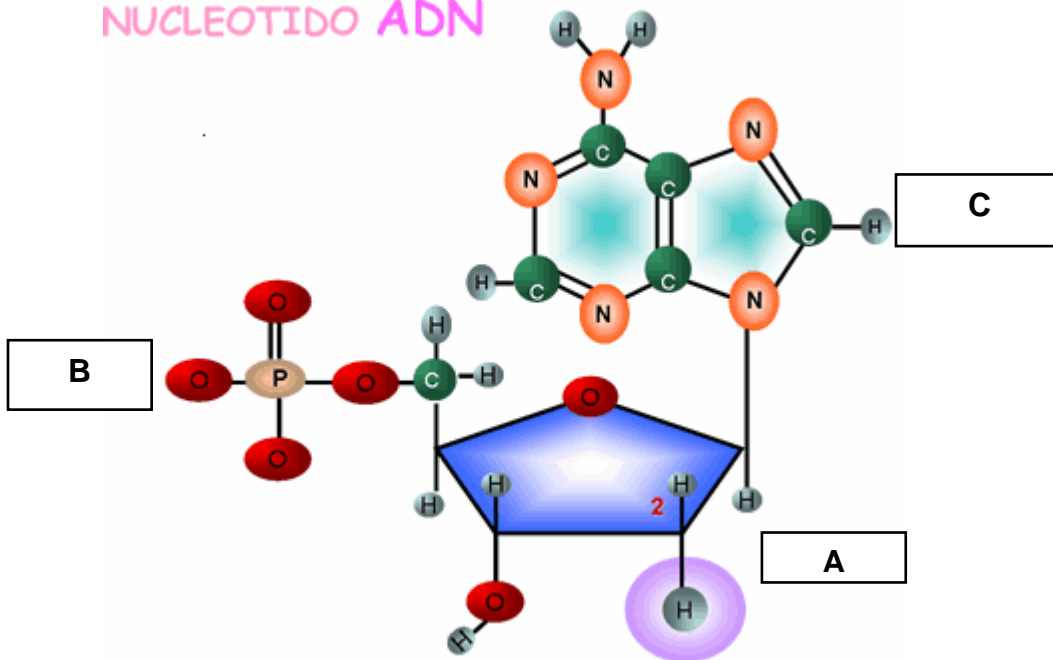


Figura 1. Nucleótido de DNA. Se observan los 3 componentes: A. Azúcar pentosa (deoxiribosa), B. Grupo Fosfato y C. Base Nitrogenada. **Imagen tomada de www.virtual.unal.edu.co/.../cap01/01_01_17.htm**

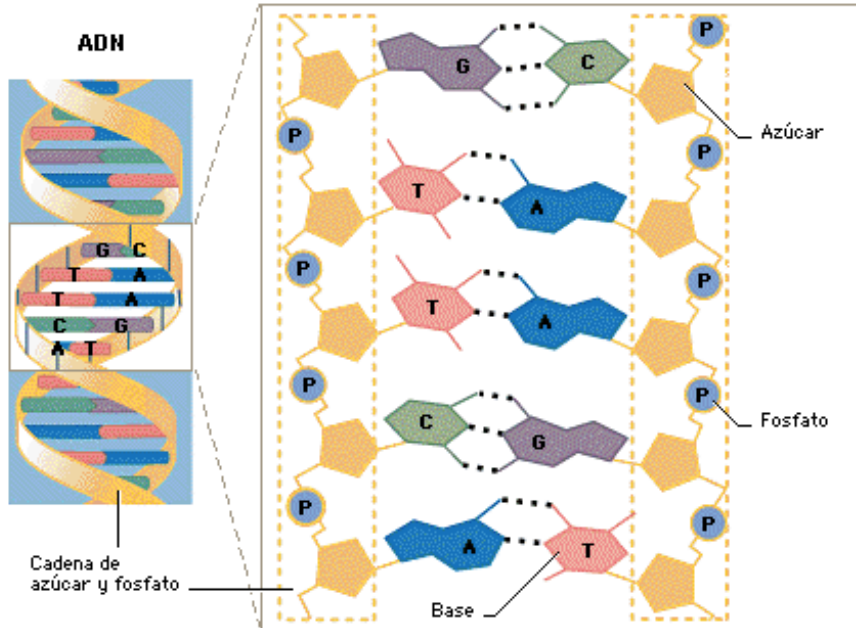


Figura 2. Molécula de DNA. Imagen tomada de: **es.encarta.msn.com/.../Mol%C3%A9cula_de_ADN.html**

PROPÓSITO

EXPLORACIÓN (Se repartirán estas preguntas en hojas individuales a cada estudiante)

1. ¿Cuál es la unidad estructural básica del DNA?
2. ¿Cuáles son las subunidades químicas de esta unidad?
3. ¿Qué significa que las cadenas corren de manera antiparalela una a la otra?

4. Mencione las bases nitrogenadas que se encuentran en el DNA e indique de que manera se parean

4. ¿Porqué debemos conocer la estructura de la molécula del DNA?

MATERIALES

El modelo que vas a construir representa un pequeño segmento del DNA de 6 pares de nucleótidos. Los diferentes constituyentes químicos están representados por unas unidades plásticas en color según aparece a continuación.

<u>Cantidad</u>	<u>Unidad del Modelo</u>	<u>Representa</u>
3	tubo azul, ¾"	Adenina (A)
3	tubo rojo, ¾"	Timina (T)
3	tubo verde, ¾"	Guanina (G)
3	tubo gris, ¾"	Citosina (C)
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, ¾"	Unión azúcar-fosfato
1	Tubo gris, 8 1/4"	Tubo de sostén
3	Tubo verde, 2"	Tubo de sostén
1	Grapa negra de 4 patas	Tubo de sostén
1 paquete	Unidades extras	Repuestos

INSTRUCCIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

1. Coteje que tenga todos los componentes necesarios enumerados del modelo.
2. Solicite si fuera necesario alguna unidad adicional del modelo con el fin de reponer las que estén rotas o dañadas.
3. Prepare el eje de sostén del modelo uniendo las tres (3) patas (tubos verdes de 2") a la grapa negra de cuatro (4) patas. Una el tubo largo gris de 8" a la grapa de cuatro (4)

patas. Ponga el sostén a un lado mientras continúa construyendo el modelo con las instrucciones que siguen.

4. Una las bases nitrogenadas (A, T, G, C) a cada azúcar desoxirribosa (grapa negra de tres (3) patas). Va a obtener seis (6) nucleósidos (base + azúcar) de purinas y seis nucleósidos de pirimidinas.
5. Construya seis (6) pares de nucleósidos uniendo cada nucleósido de purina con su correspondiente nucleósido de pirimidina. Para esto una un pedazo del centro blanco a dos (2) de las bases de nucleósidos, tal y como está descrito en la sección anterior. 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). Coloque sobre la mesa los pares contruidos, (los huecos en los enlaces de hidrógenos y las azúcares hacia arriba) y colóquelos a 2" de separación, unos con los otros como los escalones de una escalera.
6. Una los dos (2) tubos amarillos a cada uno de los diez (10) pedazos de grupos fosfato (ácidos fosfóricos; centros rojos) y así formará diez (10) grupos fosfatados.
Nota: (Los dos (2) centros rojos y cuatro (4) tubos amarillos que sobran se utilizarán en el paso siguiente)
7. Use cinco (5) de estos grupos fosfatados para unir azúcares adyacentes localizados a un extremo de los pares de nucleósidos. De igual manera construya el esqueleto de azúcar-fosfato en el otro extremo de los pares de nucleósidos. Cada tubo amarillo representa un enlace ester.
8. El modelo ahora consiste de dos (2) cadenas de polinucleótidos unidas por puentes de hidrógeno entre las bases nitrogenadas. Cada cadena está incompleta, porque contiene seis (6) componentes de azúcar pero solo cinco (5) grupos fosfato.
9. Para completar cada cadena de polinucleótido, añada un (1) tubo amarillo y un (1) centro rojo a un (1) azúcar Terminal. Una solamente un (1) tubo amarillo al otro terminal. Estas adiciones representan el terminal 5' del fosfato y el terminal 3' de hidroxilo, respectivamente.
10. Debido a que las dos (2) cadenas corren en direcciones opuestas, (estas son antiparalelas), un (1) fosfato debe unirse en la parte de arriba de una cadena y otro fosfato en la parte de abajo de la otra cadena. Usted ha construido un segmento

de DNA doble en dos dimensiones.

11. Ahora construya el lado derecho de la hélice doble. Para hacer esto, vire cada enlace de hidrógeno y cuidadosamente deslice el tubo gris de la cadena de sostén a través de los agujeros del centro. Cuando el tubo llega al quinto par de nucleótidos, comience a girar el modelo en contra de las manecillas del reloj mientras continúa el movimiento de deslizamiento. Deje de girar el modelo cuando el tubo sobrepasa el tope del último hueco del enlace de hidrógeno. Asegure todas las conexiones y, si es necesario, ajuste los pares de bases nitrogenadas de manera que queden paralelas y con espacios pares de bases nitrogenadas de manera que queden paralelas y con espacios iguales.

12. El tubo central representa el eje de diáda de la hélice doble.

Su modelo ya está completo. Debe verse como aparece en la figura 2. Si interesa ver una molécula con mayor información, puede unir dos o más modelos por medio de conexiones en el esqueleto o armazón.

DEMOSTRACIÓN

Observa el modelo en demostración de la molécula de DNA. Las bases nitrogenadas están identificadas con sus letras correspondientes. El espinazo de la molécula aparece como una banda blanca en espiral de la cual proyectan los cuadros anaranjados con desoxirribosa (azúcar; D).

¿Qué unidad química de la molécula es la que se representa con la banda blanca?

¿Cómo se representan los puentes de hidrógenos?

ASSESSMENT-PREGUNTAS DE AUTO-EVALUACIÓN

1. ¿Cuáles son los tres componentes presentes en una molécula de DNA?

_____ , _____ , _____

2. ¿Con qué nombre se conoce la combinación de estos tres componentes?

3. ¿Cuál es el grupo químico que enlaza un nucleótido con otro para formar la doble cadena antiparalela?
4. ¿Qué tipo de enlace químico se forma entre estos pares de nucleótidos?
5. ¿Qué peculiaridad (es) existe(n) con respecto a este pareo químico?
6. ¿Con cuál característica de la vida puede usted relacionar las peculiaridades química que permiten a ambas cadenas del DNA mantenerse enlazadas?

Explique

7. ¿Qué peculiaridad ha observado usted en los modelos de DNA presentados respecto al orden y secuencias de las bases nitrogenadas en las cadenas?
8. Mencione dos funciones biológicas que usted cree están asociadas con estas peculiaridades química del DNA.

ASSESSMENT

Una vez hayas construido la molécula del DNA explícale a tu maestro o compañeros los diferentes componentes de la estructura.

CONTESTACIONES

1. azúcar (la pentosa desoxiribosa), base nitrogenada (purina o pirimidina) y fósforo.
2. nucleótido
3. fosfato
4. puentes de hidrógeno
5. complementaridad: una purina se para siempre con una pirimidina. Esto es, adenina se para con timina y guanina se para con citosina.
6. reproducción: cada cadena de la molécula sirve de molde para que se produzca una cadena complementaria. De esta forma se producen dos copias idénticas de una molécula.

7. varía en el orden y secuencia de bases.
8. a) **Diversidad** – diferentes secuencias de bases nitrogenadas proveen variación en estas moléculas y esto está relacionado con el gran número de diferentes especies de organismos.

- b) **Paso de información genética a otras generaciones** – el hecho de que la estructura del DNA le permite autoduplicarse de forma idéntica, asegura que esta información sea pasada a otras generaciones cuando las células se dividen.



Alianza para el Aprendizaje de Ciencias y Matemáticas

LA DOBLE HÉLICE DE LA HERENCIA
PREPARADA POR: DR. MANUEL E. AQUINO
EDITADA Y MODIFICADA POR: DR. RICARDO CHIESA
NIVEL – CIENCIA 7-9

GUÍA DEL ESTUDIANTE

INTRODUCCIÓN

Todos los organismos, desde el unicelular más sencillo hasta el vertebrado más avanzado, tienen el ácido desoxiribonucleico (DNA) como material genético. Éste es el material químico del cuál están hechos los genes responsables de las características hereditarias de los individuos de una especie. Estas características pueden ser pasadas de una generación a otra. Aunque el DNA posee proteínas que se asocian a él, la información hereditaria está contenida en el DNA como tal. Algunos virus tienen como material genético RNA, ácido ribonucleico, pero esto es una excepción en la naturaleza.

Los ácidos nucleicos (DNA o RNA) están formados por la unión de nucleótidos (desoxinucleótidos forman un DNA y ribonucleótidos al RNA) en una forma repetitiva.

Los nucleótidos consisten de tres subunidades moleculares: un grupo fosfato (PO_4^-), una pentosa (azúcar de 5 carbonos) llamada desoxiribosa en el DNA (ribosa en el RNA) y una base nitrogenada (adenina, timina, citosina o guanina en el DNA y uracilo en lugar de timina en el RNA) **Fig. 1.** Cuando los nucleótidos están incorporados en el ácido nucleico, cada uno posee una de cada una de estas subunidades. Sin embargo, cuando están libres en una célula, se encuentran en forma trifosfatada (poseen tres grupos fosfatos). La energía presente en los grupos fosfatos adicionales se utiliza en la síntesis del ácido nucleico, es decir, en la formación de los enlaces covalentes que permiten formar el polímero de DNA.

TRASFONDO

Al comienzo del año 1866, Gregorio Mendel publica sus experimentos llevados a cabo con la planta de guisantes, donde postula la existencia de factores de naturaleza desconocida e inmutable (los genes) responsables de la transmisión de las características hereditarias. En 1869 el científico suizo Frederick Miescler encontró en el núcleo de células humanas que estaban en los vendajes de un hospital, una sustancia a la que llamó “nucleína”. Hoy día esa sustancia se conoce como ácido desoxiribonucleico. En los años veinte (entre 1920 y 1929), el químico alemán Robert Feulgen, utilizando una tinción específica, descubrió que los cromosomas estaban hechos de DNA. En 1944, Avery, McCleod y MacCarty comprueban que el DNA es el portador de la información genética. En 1953, Watson y Crick presentan un modelo de la estructura del DNA como una doble hélice complementaria parecida a una escalera de caracol (en forma de espiral). Las dos cadenas de desoxiribonucleótidos que forman una molécula de DNA son antiparalelas. Esto significa que los nucleótidos en una cadena están orientados de forma opuesta a como están orientados en la otra cadena (cadena complementaria). Este modelo de DNA fue presentado luego que ellos hicieron un análisis de los resultados obtenidos por Rosalind Franklin, quién utilizó la técnica de difracción de rayos X, donde reveló de manera inconfundible una placa de rayos X con la estructura helical de la molécula de DNA. 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 y que la suma de timina y citosina es igual a la suma de adenina y guanina, fueron de suma importancia para el modelo de Watson y Crick con relación a la complementaridad entre las bases nitrogenadas de los nucleótidos y la formación de la doble hélice.

NUCLEOTIDO ADN

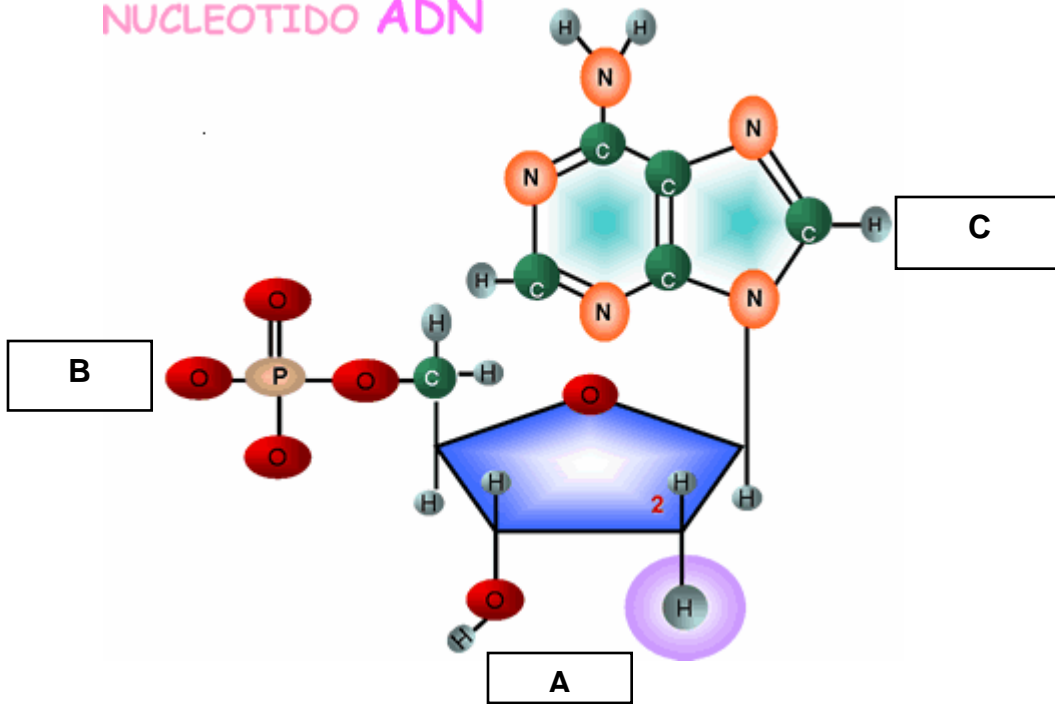


Figura 1. Nucleótido de DNA. Se observan los 3 componentes: A. Azúcar pentosa (deoxiribosa), B. Grupo Fosfato y C. Base Nitrogenada.

Imagen tomada de www.virtual.unal.edu.co/.../cap01/01_01_17.htm

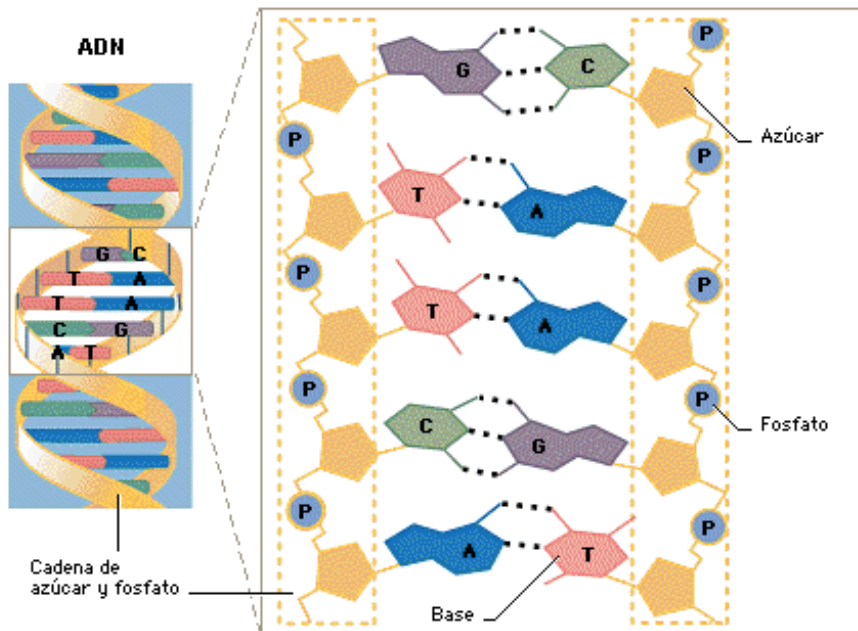


Figura 2. Molécula de DNA. Imagen tomada de: es.encarta.msn.com/.../Mol%C3%A9cula_de_ADN.html

PROPÓSITO

Construir un modelo de la molécula de DNA. Esto le ayudará a entender mejor la estructura química de la hélice doble del DNA y sus funciones genéticas.

OBJETIVO GENERAL

Entender la forma tridimensional de la molécula de DNA y como esta estructura se relaciona con su función.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 1 Nombrar las unidades (monómeros) que componen un nucleótido.
- 2 Señalar las diferencias entre el DNA y RNA.
- 3 Hacer un diagrama de una secuencia de por lo menos 10 nucleótidos de una cadena de DNA:

D = desoxirribosa

P = fosfato

A, C, G, T = bases nitrogenadas

4. Describir el modelo Watson-Crick de la molécula de DNA.
5. Deducir del modelo Watson-Crick la explicación de las siguientes propiedades.
biológicas: reproducción y diversidad de los organismos.

MATERIALES

El modelo que vas a construir representa un pequeño segmento del DNA de 6 pares de nucleótidos. Los diferentes constituyentes químicos están representados por unas unidades plásticas en color según aparece a continuación.

<u>Cantidad</u>	<u>Unidad del Modelo</u>	<u>Representa</u>
3	tubo azul, 3/4"	Adenina (A)
3	tubo rojo, 3/4"	Timina (T)
3	tubo verde, 3/4"	Guanina (G)
3	tubo gris, 3/4"	Citosina (C)
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, 3/4"	Unión azúcar-fosfato
1	Tubo gris, 8 1/4"	Tubo de sostén
3	Tubo verde, 2"	Tubo de sostén
1	Grapa negra de 4 patas	Tubo de sostén
1 paquete	Unidades extras	Repuestos

INSTRUCCIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

1. Coteje que tenga todos los componentes necesarios enumerados del modelo.
2. Solicite si fuera necesario alguna unidad adicional del modelo con el fin de reponer las que estén rotas o dañadas.
3. Prepare el eje de sostén del modelo uniendo las tres (3) patas (tubos verdes de 2") a la grapa negra de cuatro (4) patas. Una el tubo largo gris de 8" a la grapa de cuatro (4) patas. Ponga el sostén a un lado mientras continúa construyendo el modelo con las instrucciones que siguen.
4. Una las bases nitrogenadas (A, T, G, C) a cada azúcar desoxirribosa (grapa negra de tres (3) patas). Va a obtener seis (6) nucleósidos (base + azúcar) de purinas y seis nucleósidos de pirimidinas.
5. Construya seis (6) pares de nucleósidos uniendo cada nucleósido de purina con su correspondiente nucleósido de pirimidina. Para esto una un pedazo del centro blanco a dos (2) de las bases de nucleósidos, tal y como está descrito en la sección anterior. 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). Coloque sobre la

mesa los pares contruidos, (los huecos en los enlaces de hidrógenos y las azúcares hacia arriba) y colóquelos a 2" de separación, unos con los otros como los escalones de una escalera.

6. Una los dos (2) tubos amarillos a cada uno de los diez (10) pedazos de grupos fosfato (ácidos fosfóricos; centros rojos) y así formará diez (10) grupos fosfatados.

Nota: (Los dos (2) centros rojos y cuatro (4) tubos amarillos que sobran se utilizarán en el paso siguiente)

7. Use cinco (5) de estos grupos fosfatados para unir azúcares adyacentes localizados a un extremo de los pares de nucleósidos. De igual manera construya el esqueleto de azúcar-fosfato en el otro extremo de los pares de nucleósidos. Cada tubo amarillo representa un enlace ester.
8. El modelo ahora consiste de dos (2) cadenas de polinucleótidos unidas por puentes de hidrógeno entre las bases nitrogenadas. Cada cadena está incompleta, porque contiene seis (6) componentes de azúcar pero solo cinco (5) grupos fosfato.
9. Para completar cada cadena de polinucleótido, añada un (1) tubo amarillo y un (1) centro rojo a un (1) azúcar Terminal. Una solamente un (1) tubo amarillo al otro terminal. Estas adiciones representan el terminal 5' del fosfato y el terminal 3' de hidroxilo, respectivamente.
10. Debido a que las dos (2) cadenas corren en direcciones opuestas, (estas son antiparalelas), un (1) fosfato debe unirse en la parte de arriba de una cadena y otro fosfato en la parte de abajo de la otra cadena. Usted ha construido un segmento de DNA doble en dos dimensiones.
11. Ahora construya el lado derecho de la hélice doble. Para hacer esto, vire cada enlace de hidrógeno y cuidadosamente deslice el tubo gris de la cadena de sostén a través de los agujeros del centro. Cuando el tubo llega al quinto par de nucleótidos, comience a girar el modelo en contra de las manecillas del reloj mientras continúa el movimiento de deslizamiento. Deje de girar el modelo cuando el tubo sobrepasa el tope del último hueco del enlace de hidrógeno. Asegure todas las conexiones y, si es necesario, ajuste los pares de bases nitrogenadas de manera que queden paralelas y con espacios pares de bases nitrogenadas de manera que queden paralelas y con espacios iguales.

12. El tubo central representa el eje de diáda de la hélice doble.

Su modelo ya está completo. Debe verse como aparece en la figura 2. Si interesa ver una molécula con mayor información, puede unir dos o más modelos por medio de conexiones en el esqueleto o armazón.

DEMOSTRACIÓN

Observa el modelo en demostración de la molécula de DNA. Las bases nitrogenadas están identificadas con sus letras correspondientes. El espinazo de la molécula aparece como una banda blanca en espiral de la cual proyectan los cuadros anaranjados con desoxirribosa (azúcar; D).

¿Qué unidad química de la molécula es la que se representa con la banda blanca?

¿Cómo se representan los puentes de hidrógenos?

ASSESMENT-PREGUNTAS DE AUTO-EVALUACIÓN

1. ¿Cuáles son los tres componentes presentes en una molécula de DNA?

_____ , _____ , _____

2. ¿Con qué nombre se conoce la combinación de estos tres componentes?

3. ¿Cuál es el grupo químico que enlaza un nucleótido con otro para formar la doble cadena antiparalela?

4. ¿Qué tipo de enlace químico se forma entre estos pares de nucleótidos?

5. ¿Qué peculiaridad (es) existe(n) con respecto a este pareo químico?

6. ¿Con cuál característica de la vida puede usted relacionar las peculiaridades química que permiten a ambas cadenas del DNA mantenerse enlazadas?

Explique

7. ¿Qué peculiaridad ha observado usted en los modelos de DNA presentados respecto al orden y secuencias de las bases nitrogenadas en las cadenas?

8. Mencione dos funciones biológicas que usted cree están asociadas con estas peculiaridades química del DNA.

ASSESSMENT

Una vez hayas construido la molécula del DNA explícale a tu maestro los diferentes componentes de la estructura.

