

BIOLOGÍA-FICHA 07

Biomoléculas orgánicas

- Glúcidos
- Lípidos
- Proteínas
- Ácidos nucleicos

LOS ÁCIDOS NUCLÉICOS

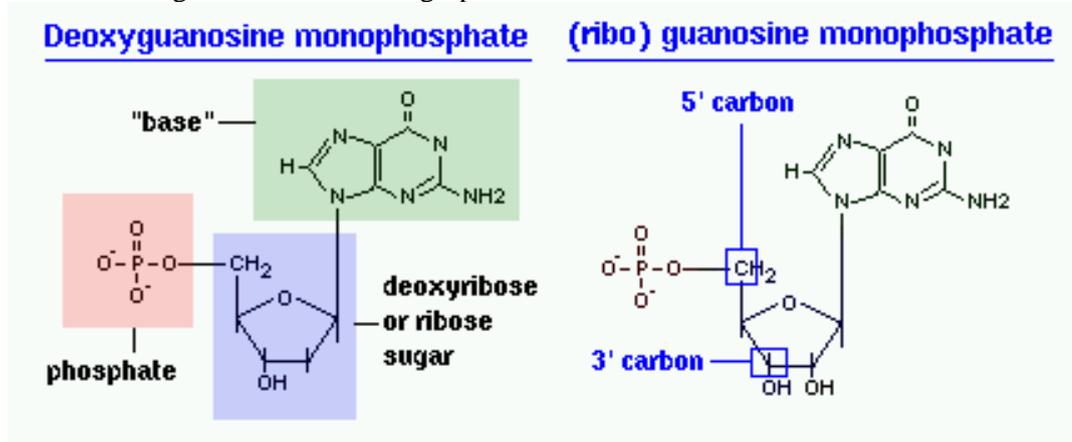
1. La composición química de los ácidos nucleicos

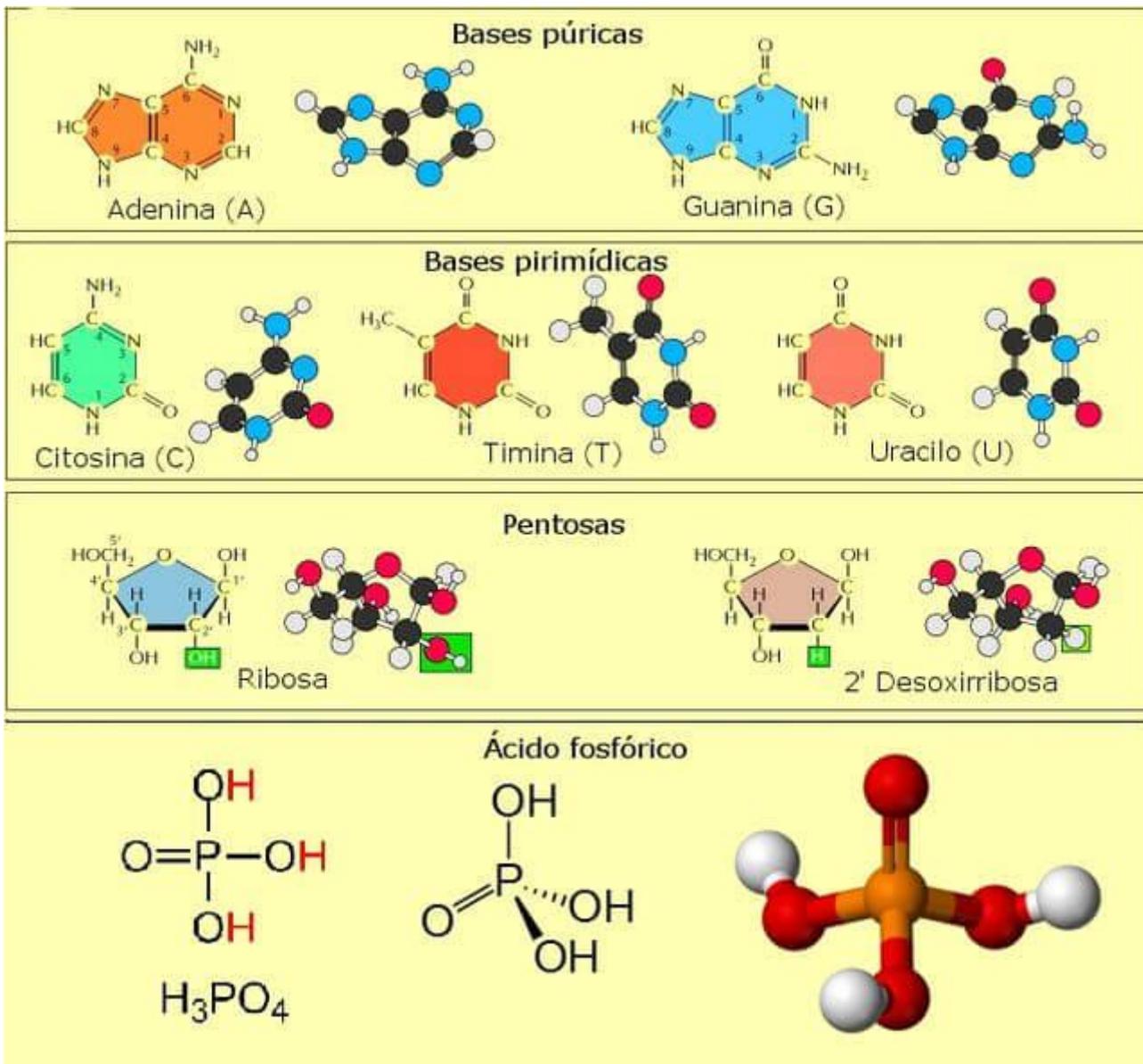
- Componentes de los ácidos nucleicos.
- Concepto, tipos y funciones de los ácidos nucleicos.
- Los nucleósidos.
- Los nucleótidos.
- Funciones de los nucleótidos.
- Los ácidos nucleicos.

1.1. Componentes de los ácidos nucleicos

Los ácidos nucleicos son grandes polímeros formados por la repetición de monómeros denominados nucleótidos, unidos mediante enlaces fosfodiéster. Existen dos tipos básicos, el ADN y el ARN.

Los nucleótidos están formados por un ácido fosfórico (H_3PO_4) unido a una ribosa o a unadesoxirribosa, y ésta a una base nitrogenada. Si le falta el grupo fosfato, se llama nucleósido.





1.2. Concepto, tipos y funciones de los ácidos nucleicos

Los ácidos nucleicos son biomoléculas constituidas por carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y fósforo. Ya las hemos definido como polímeros formados por la unión de unos monómeros hidrolizables, denominadas nucleótidos.

Los seres vivos tienen dos tipos de ácidos nucleicos: ADN o DNA (ácido desoxirribonucleico) y ARN o RNA (ácido ribonucleico), excepto los virus que sólo poseen un tipo, bien ARN (por ejemplo, el virus de la poliomielitis) o bien ADN (ejemplo, los bacteriófagos), aunque ya veremos que los virus no son realmente seres vivos.

En el ADN, el material genético, tiene dos funciones:

- Almacenar la información genética: el ADN dirige la síntesis de proteínas, ya que contiene la información necesaria para sintetizar las proteínas de un organismo. Estas proteínas son específicas de cada especie y organismo, y son las responsables de las características del organismo.
- Transmitir la información genética de una célula a las generaciones siguientes de células hijas. Con la replicación o duplicación del ADN, las células reciben una copia exacta de ese material genético que contiene la información necesaria para la vida del organismo.

De este modo, los caracteres hereditarios se transmiten de padres a hijos, generación tras generación.

La función del ARN es expresar la información genética, es decir, ejecutar las órdenes contenidas en el ADN. Por tanto, el ARN es el encargado de sintetizar las proteínas a partir de la información contenida en el ADN. Además, en algunos virus es el material hereditario.

Estas funciones de los ácidos nucleicos constituyen el “dogma central de la biología molecular”, en el que la información genética del ADN se replica a ADN, la información del ADN se transcribe a ARN, y esta información contenida en el ARN se traduce a proteínas.

Como algunos virus tienen ARN como material genético, se ha tenido que modificar ligeramente este “dogma”, aunque con la misma idea.

DOGMA CENTRAL

Propuesta inicial de Francis Crick (1970):



Modificaciones posteriores:



La localización en la célula eucariota de los ácidos nucleicos se debe a estas funciones. Así, encontraremos: ADN en el núcleo, formando nucleoproteínas, las moléculas constituyentes de los cromosomas. Las mitocondrias y los cloroplastos, también tienen su propio ADN.

ARN en el núcleo, formando parte del nucléolo y del nucleoplasma.

ARN en el citoplasma, formando parte de los ribosomas y del ARN mensajero, y ARN de transferencia.

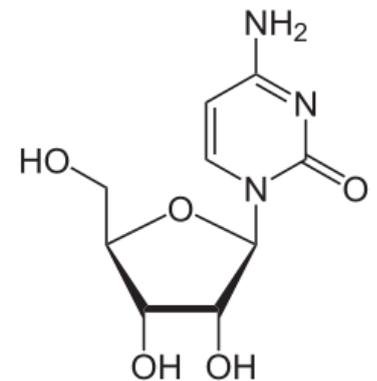
1.3. Los nucleósidos

Los nucleósidos están formados por la unión de una ribosa o de una desoxirribosa, con una base nitrogenada, mediante un enlace N-glucosídico entre el -OH del carbono 1' de la pentosa y un grupo amino de la base nitrogenada (el nitrógeno 1', si ésta es pirimidínica, o el nitrógeno 9' si es una base púrica).

Para denominar a los nucleósidos se añade la terminación -osina al nombre de la base púrica, o la terminación -idina si la base es pirimidínica.

Así, los nucleósidos con **ribosa** son: adenosina, guanosina, citidina, y uridina.

En el caso de los nucleósidos con **desoxirribosa** se antepone el prefijo desoxi-: desoxiadenosina, desoxiguanosina, desoxicitidina y desoxitimidina.

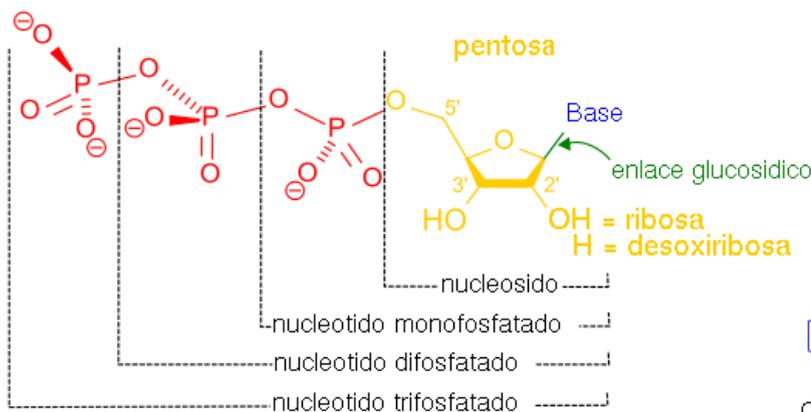


1.4. Los nucleótidos

Los nucleótidos se forman por la unión mediante un enlace éster, de una molécula de ácido fosfórico y un nucleósido, por el grupo hidroxilo del quinto carbono (carbono 5') de la pentosa.

Los nucleótidos tienen, por tanto, un fuerte carácter ácido.

Nucleósido + ácido fosfórico = Nucleótido



Purinas



Pirimidinas



Cada nucleótido está formado por tres componentes:

- Bases nitrogenadas: derivadas de la purina y pirimidina.
 - Bases nitrogenadas purínicas: son la adenina (A) y la guanina (G). Ambas forman parte del ADN y del ARN, y tienen una estructura formada por dos ciclos similares a la purina.
 - Bases nitrogenadas pirimidínicas: son la timina (T), la citosina (C) y el uracilo (U). Tienen una estructura formada por un solo ciclo similar a la pirimidina.
 - En el ADN: la timina y la citosina.
 - En el ARN: la citosina y el uracilo.

- Pentosa: el monosacárido de cinco átomos de carbono puede ser ribosa (ARN) o desoxirribosa (ADN).
- Ácido fosfórico, H_3PO_4 : Cada nucleótido puede contener uno (como el AMP), dos (como el ADP) o tres (como el ATP) grupos fosfato.

Según el nucleótido tenga ribosa o desoxirribosa se denominan ribonucleótidos y desoxirribonucleótidos.

Normalmente, para nombrar a cada nucleótido, utilizaremos la inicial de cada base nitrogenada (A, G, C, T).

2. Los ácidos nucleicos

Los ácidos nucleicos son polímeros de nucleótidos unidos por enlaces fosfodiéster, entre el fosfato situado en el carbono 5' de un nucleótido, y el hidroxilo (-OH) del carbono 3' del otro nucleótido.

Existen dos tipos de ácidos nucleicos, según el tipo de pentosa que poseen:

- El **ácido desoxirribonucleico (ADN)**.
- El **ácido ribonucleico (ARN)**.

El ácido desoxirribonucleico (ADN)

Estructura del ADN. Tipos de ADN.

- Estructura primaria.
- Estructura secundaria.
- Estructura terciaria.
- Estructura cuaternaria.
- Material genético: cromatina y cromosomas.
- Cariotipo y cariograma.

2.1. Estructura del ADN

El ADN es un polímero de nucleótidos de adenina, guanina, citosina y timina, unidos por enlaces fosfodiéster, en el que un grupo fosfato queda unido por dos enlaces éster a dos nucleótidos sucesivos.

Cuando se unen dos nucleótidos por enlace fosfodiéster, el dinucleótido resultante tiene, en un extremo, un grupo fosfato en el carbono 5 que queda libre, y puede unirse a un grupo hidroxilo del carbono 3 de otro nucleótido. En el otro extremo, el grupo hidroxilo del carbono 3 también queda libre, disponible para reaccionar con el fosfato del carbono 5 de otro nucleótido. Así, se pueden formar largas cadenas de nucleótidos que siempre tendrán en un extremo un grupo 5' fosfato libre y en el otro un grupo hidroxilo 3' libre.

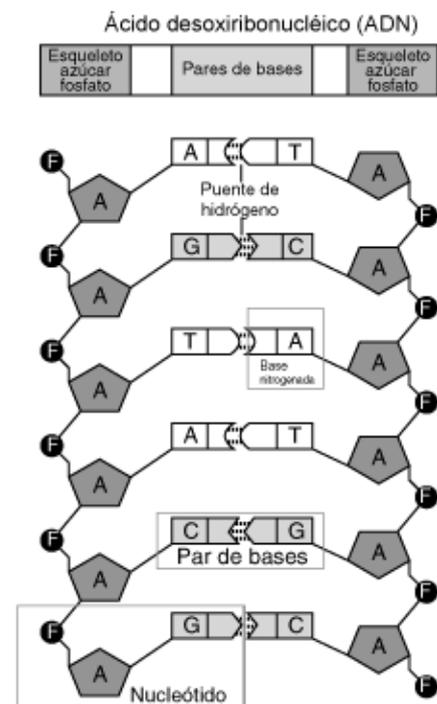
La secuencia de nucleótidos de un ácido nucleico se escribe de izquierda a derecha, desde el extremo del carbono 5 hasta el del 3.

Un ácido nucleico de cadena corta se denomina oligonucleótido (generalmente hasta 50 nucleótidos) y si su longitud es mayor, polinucleótidos.

En las células eucariotas, el ADN se localiza en el núcleo, aunque también tienen ADN las mitocondrias y los cloroplastos.

El ADN del núcleo está asociado a unas proteínas llamadas histonas y a otras proteínas no histónicas. Estas proteínas son nucleoproteínas.

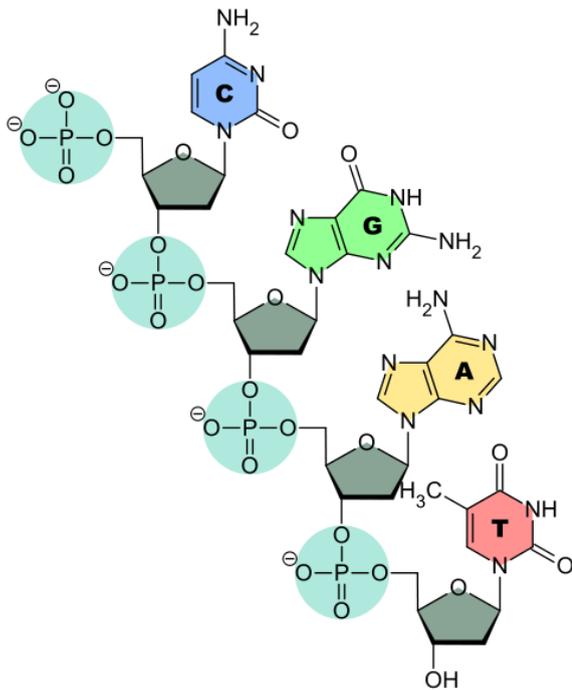
El ADN de las mitocondrias y de los cloroplastos es distinto del ADN nuclear, muy parecido al ADN de los procariotas. Este ADN forma un nucleoide que carece de envoltura nuclear, y también está asociado a otras proteínas.



2.1.1. Estructura primaria del ADN

La estructura primaria del ADN es la secuencia de nucleótidos (unidos por enlaces fosfodiéster) de una sola cadena o hebra, que puede presentarse como un simple filamento extendido o bien algo doblada en sí misma.

Como hemos visto, una cadena de ADN presenta dos extremos libres: el 5', unido al grupo fosfato, y el 3', unido a un hidroxilo.



Para representar una cadena de ADN, normalmente se suele indicar únicamente la secuencia de bases nitrogenadas que los desoxirribonucleótidos que la componen. Así, utilizaremos la A para referirnos a la desoxiadenosín-5,-monofosfato (AMP), igual que para el resto de bases nitrogenadas, como T, C y G.

Combinando las cuatro bases nitrogenadas se puede obtener un número casi ilimitado de cadenas distintas de ADN. Por ejemplo, suponiendo que el ADN humano tiene $5,6 \cdot 10^9$ pares de nucleótidos, podrían existir $4^{5.600.000.000}$ cadenas de ADN diferentes en las que estaría contenida la información genética del organismo. El ADN, según el orden de nucleótidos, contiene la información necesaria para sintetizar una proteína. Si cambia la secuencia de nucleótidos, se sintetizará otra proteína distinta. La secuencia GCATACTTG generará una proteína distinta a CTAGCGTAT, aunque contengan los mismos nucleótidos.

Un gen es la parte de la cadena de ADN que contiene la información necesaria para que se sinteticen ordenadamente los aminoácidos que forman parte de una proteína (estructura primaria de las proteínas que determina, también su estructura en el espacio y función que desempeña en la célula).

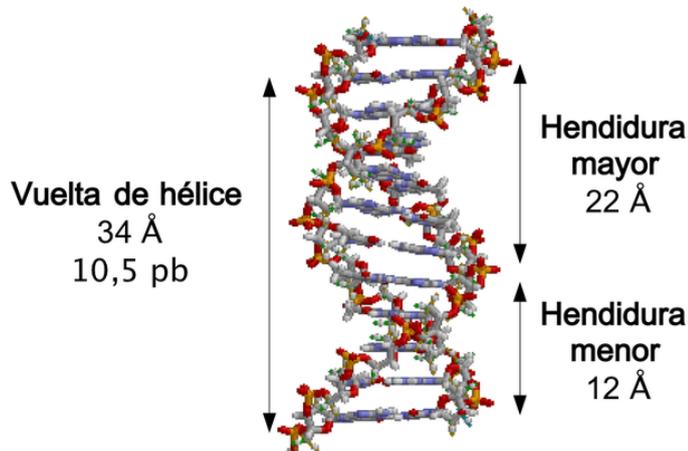
Los individuos de una misma especie tienen el mismo porcentaje

de guanina, citosina, adenina y timina, por lo que sus características serán muy similares.

2.1.2. Estructura secundaria del ADN

La estructura secundaria del ADN es la disposición en el espacio de dos cadenas o hebras de nucleótidos en doble hélice, con las bases nitrogenadas enfrentadas y unidas mediante puentes de hidrógeno.

J. Watson y F. Crick idearon, en 1953, el modelo de la doble hélice del ADN, que dice que el ADN está formado por dos cadenas antiparalelas de polinucleótidos, con los enlaces 5'→3' orientados en diferente sentido, complementarias y enrolladas una sobre la otra en forma de doble hélice o plectonémica (para que las dos cadenas se separen es necesario que se desenrollen).



El que sean cadenas complementarias implica que si en una cadena hay adenina, en su complementaria, estará la base nitrogenada timina. Y si en una hay guanina, en la otra citosina.

Complementariedad entre las bases
Las dos cadenas antiparalelas que forman la doble hélice de ADN se mantienen unidas por enlaces de hidrógeno entre las bases nitrogenadas complementarias.

Siempre aparecerán unidas la adenina con la timina, y la citosina con la guanina, mediante enlaces de hidrógeno entre sus grupos

polares. Así, entre la adenina y la timina se establecen dos enlaces de hidrógeno, y entre la guanina y la citosina, tres.

Entre A y T, se establecen dos puentes de hidrógeno.

Nunca podrán unirse dos bases que no sean complementarias, ya que por la estructura y tamaño de las bases púricas y pirimidínicas impide que se creen enlaces de hidrógeno.

Resumiendo, los enlaces que contribuyen a la formación de la doble hélice son:

Enlace fosfodiéster, en la unión de dos nucleótidos.

Enlace N-glucosídico, en la unión de la desoxirribosa y una base nitrogenada.

Enlace por puente de hidrógeno, en la unión de las bases nitrogenadas (A-T y G-C).

Estructuras alternativas a la doble hélice (forma B)

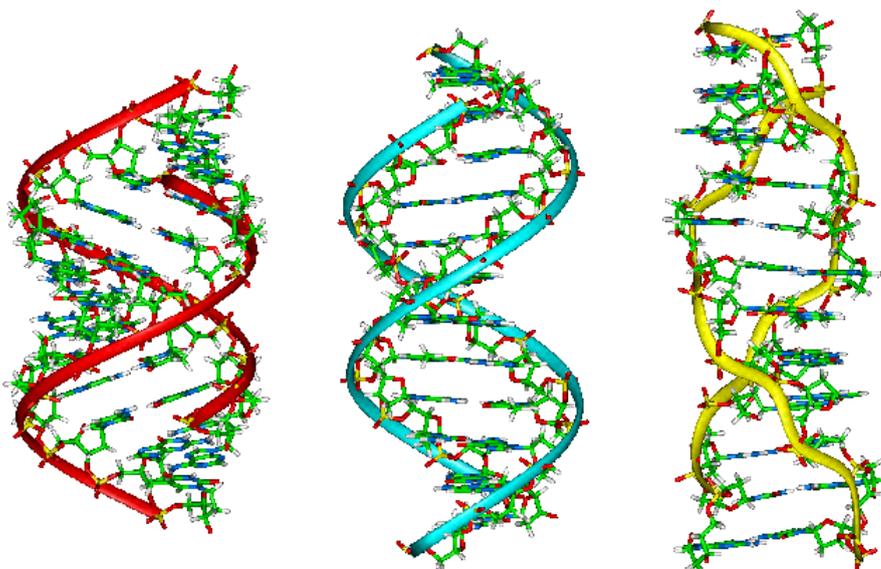
Aunque la doble hélice descrita por Watson y Crick, la llamada forma B, ha sido considerada como la única conformación espacial posible, actualmente se conocen otras formas posibles.

La forma B es la que adopta el ADN en disolución y en la que interacciona con las proteínas nucleares.

Forma A del ADN

La forma A del ADN es una doble hélice dextrógira, como la forma B, pero los pares de bases no forman un plano perpendicular al eje, sino inclinados 20° con respecto al eje de la hélice. Es más ancha y corta que la forma B.

La forma A sólo se ha observado en laboratorio, formada a partir de la forma B cuando la humedad relativa desciende al 75%.



Forma Z del ADN

La forma Z del ADN es más larga y estrecha que la forma B. Es levógira, gira en sentido antihorario. Su forma la debe a la presencia de numerosos nucleótidos de guanina y citosina alternantes (GCGCGCGC).

EL ADN EN LOS DIFERENTES TIPOS DE ORGANIZACIÓN CELULAR	
PROCARIOTAS	ADN circular bicatenario unido a proteínas parecidas a histonas. Forma el nucleoide. Es similar al ADN de mitocondrias y cloroplastos.
EUCARIOTAS	ADN lineal bicatenario unido a histonas que se encuentra dentro del núcleo con diferentes grados de empaquetamiento, condensándose en cromosomas cuando la célula se está dividiendo.
VIRUS	El ADN puede ser lineal o circular y monocatenario o bicatenario. Además, algunos virus pueden tener ARN como material hereditario.

2.3. Material genético: cromatina y cromosomas

El ADN puede encontrarse en forma de cromatina o de cromosomas dependiendo de la fase celular.

Cromatina

La cromatina es la forma en la que se presenta el ADN en el núcleo celular. Es la sustancia de base de los cromosomas eucarióticos, que corresponde a la asociación de ADN, ARN y proteínas que se encuentran en el núcleo interfásico de las células eucariotas y que constituye el genoma de dichas células. Las proteínas son de dos tipos: las histonas y las proteínas no histónicas.

Las unidades básicas de la cromatina son los nucleosomas.

La cromatina interfásica aporta la información genética para los procesos de transcripción y traducción. Se distingue:

- La heterocromatina o cromatina densa (con empaquetamiento similar al cromosoma, con fragmentos de ADN que no se transcriben).
- La eucromatina o cromatina difusa (menos empaquetada, se tiñe menos, contiene la mayor parte de los genes activos).

Cromosomas

Cuando la célula se va a dividir (mitosis o meiosis), la cromatina se condensa en unos cuerpos llamados cromosomas. Los cromosomas, como la cromatina, están formados por ADN asociado a histonas.

El número de cromosomas varía según las especies, pero es constante en todas las células de un individuo.

El cromosoma es una molécula de ADN que contiene los genes, segmentos de ADN que contienen la información necesaria para sintetizar una proteína o carácter del individuo.

Un cromosoma somático está formado por:

- Dos cromátidas idénticas procedentes de la duplicación del ADN, por lo que se les denomina cromátidas hermanas.
- El centrómero o constricción primaria que hace que el cromosoma presente cuatro brazos, manteniendo unidas a las dos cromátidas.
- El cinetocoro, donde se insertan los microtúbulos del huso mitótico.

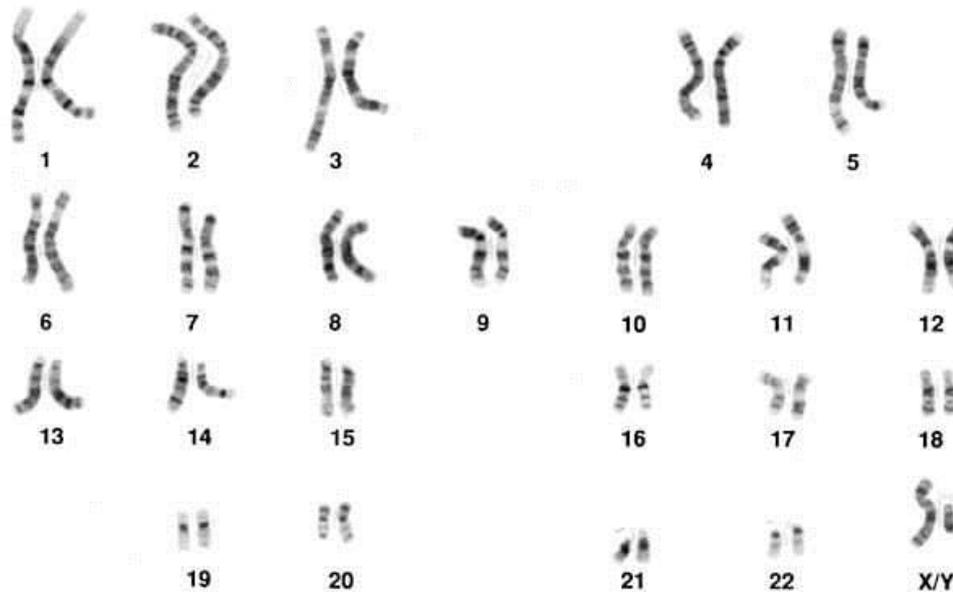
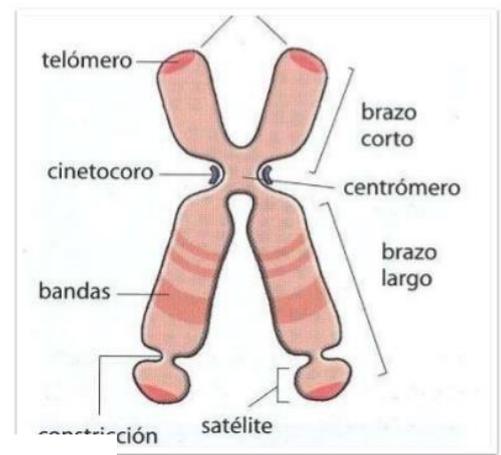
- El satélite, segmento del cromosoma separado por la constricción secundaria).
- El telómero es el extremo del cromosoma, con propiedades especiales.

2.3.1. Cariotipo y cariograma

Al conjunto de características que permite distinguir los cromosomas de las distintas especies, como la forma, tamaño, posición del centrómero, las bandas que presentan al teñirse, etc., se le llama cariograma. Y la representación gráfica, mediante un dibujo o fotografía, ordenada, de las parejas de cromosomas homólogos es

Los Cromosomas.

Los cromosomas son estructuras complejas, ubicadas en el núcleo de las células que están compuestas por cromatina. La cromatina es el conjunto de ADN (35%) histonas (35%) otras proteínas (20%) y ARN (10%). Veamos las partes del cromosoma:



Normal Karyotype

por los pares 4 y 5, cromosomas grandes submetacéntricos.

- Grupo C: Formado por los pares 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12, cromosomas medianos submetacéntricos.
- Grupo D: Formado por los pares 13, 14 y 15, cromosomas medianos acrocéntricos con satélite.
- Grupo E: Formado por los pares 16, 17 y 18. Cromosoma pequeño metacéntricos el 16 y submetacéntricos, el 17 y 18.
- Grupo F: Formado por los pares 19 y 20. Cromosomas pequeños metacéntricos.
- Grupo G: integrado por los pares 21 y 22. Cromosomas pequeños acrocéntricos.

El par 23, los cromosomas sexuales está formado por un cromosoma X, metacéntrico mediano, parecido a los del grupo C, y un cromosoma Y, acrocéntrico pequeño, similar a los del grupo G.

A través del estudio del cariograma se puede detectar anomalías en la forma y número de cromosomas, lo que puede confirmar algunas enfermedades congénitas. En el feto, se obtienen las células por amniocentesis, obteniendo células del líquido amniótico, o directamente de la sangre del cordón umbilical.

3. El ácido ribonucleico (ARN)

El ácido ribonucleico o ARN está formado por nucleótidos de ribosa, con las bases nitrogenadas adenina, guanina, citosina y uracilo. No tiene, pues, timina como el ADN, salvo el ARNt. La unión de los ribonucleótidos se realiza mediante enlaces fosfodiéster en sentido 5'→3', como en el ADN, pero el ARN casi siempre es monocatenario.

Aunque el ARN presenta una estructura primaria que es la secuencia de ribonucleótidos de la cadena, también tiene zonas plegadas en las que se establecen enlaces de hidrógeno entre las bases complementarias, A-U y G-C, originando una cierta estructura secundaria bicatenaria de doble hélice, similar a la del ADN.

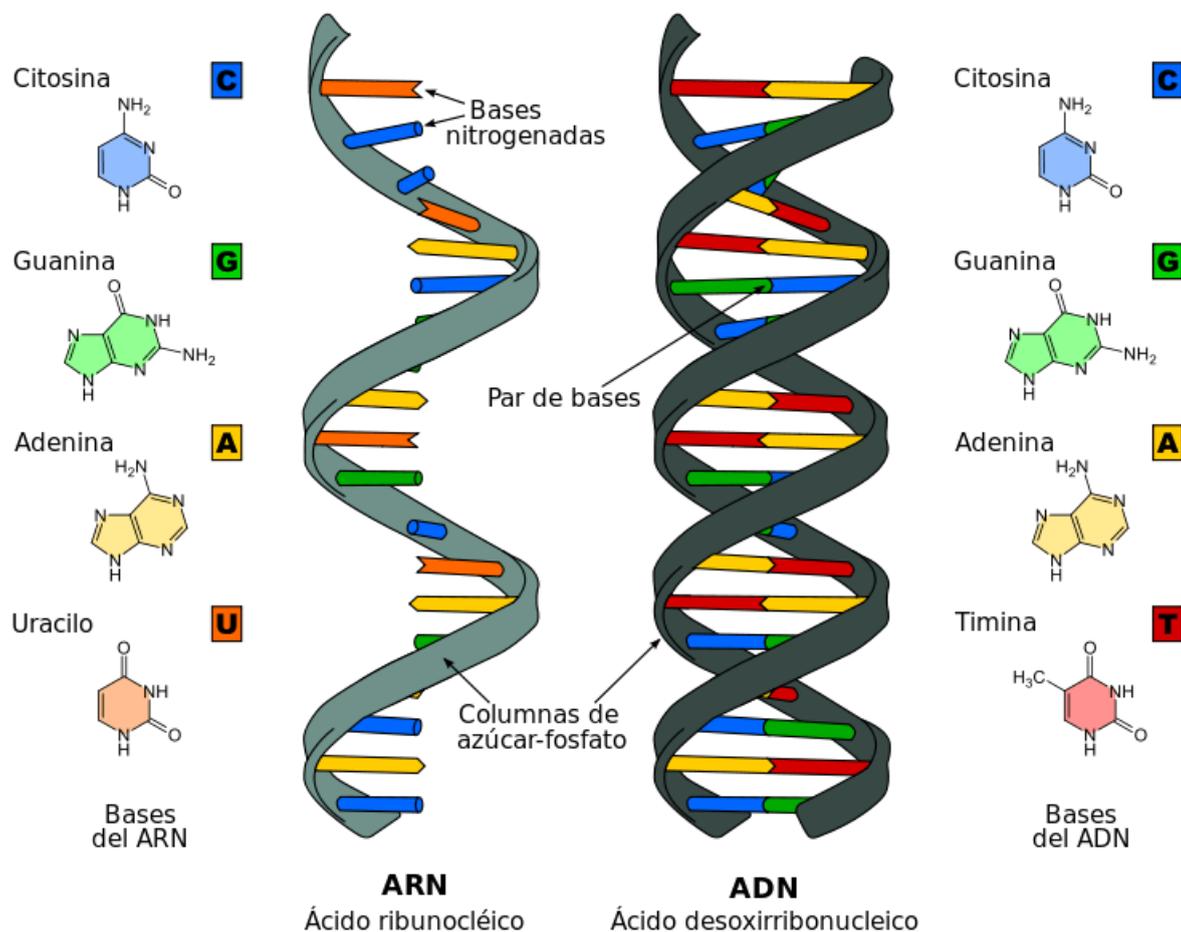
El ARN se encarga de utilizar la información que contiene el ADN para poder realizar la síntesis de proteínas.

El ARN también tiene función biocatalizadora, por lo que se cree que, cuando se originó la vida, pudieron ser las primeras moléculas capaces de autoduplicarse, aunque después sería el ADN, con su cadena mucho más estable, el que se encargaría de almacenar la información genética.

Se puede encontrar ARN formado por una o dos cadenas:

- ARN bicatenario (en los reovirus).
- ARN monocatenario, como el ARN soluble o de transferencia (ARNs o ARNt), el mensajero (ARNm), el ribosómico (ARNr) y el nucleolar (ARNn).

El ARN está presente en muchos tipos de virus y en células procariotas y eucariotas.



3.1. Tipos de ARN

- ARN de transferencia.
- ARN mensajero.
- ARN ribosómico.
- ARN nucleolar.
- ARN pequeño nuclear.

3.1.1. ARN de transferencia

El ARN de transferencia es un tipo de ácido ribonucleico que se encarga de transportar los aminoácidos a los ribosomas donde, según la secuencia especificada en un ARN mensajero (transcrita, a su vez, del ADN), se sintetizan las proteínas.

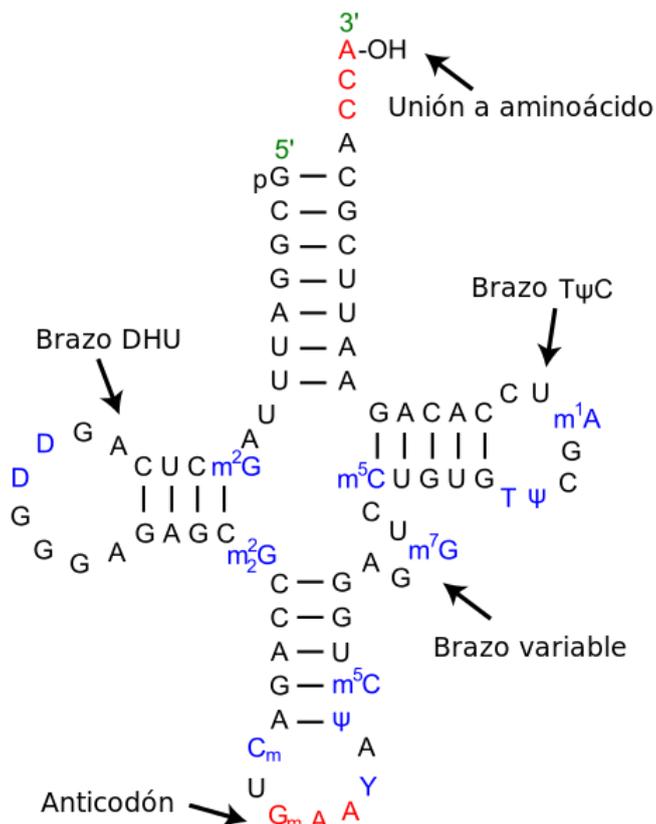
El ARN soluble o de transferencia (ARNt) representa, aproximadamente, el 15 % de todo el ARN. Está formado por unos 80 nucleótidos, y se encuentra disperso en el citoplasma celular.

Existe una molécula de ARNt para cada aminoácido, con un triplete específico de bases nitrogenadas, el anticodón, que varía entre los distintos ARNt.

El ARNt es monocatenario, pero presenta zonas de complementariedad intracatenaria, es decir, zonas complementarias dentro de la misma cadena, lo que produce que se aparean dando una estructura característica semejante a la de un trébol de tres hojas. En la estructura secundaria de los ARNt se distinguen las siguientes características:

- Un brazo llamado brazo D y su asa. Se denomina así porque contiene dihidrouridina.
- Un brazo T (por llevar timina) y su asa.
- Un brazo llamado anticodón y su asa, complementario al codón específico del ARNm.
- Un brazo aceptor de aminoácidos.

Aunque se hable de estructura en forma de hoja de trébol, en realidad, la molécula de ARNt se repliega, adquiriendo una estructura terciaria en forma de L.



Además de los nucleótidos típicos del ARN, como A, G, C y U, el ARNt, contiene otros que llevan bases metiladas, como la dihidrouridina (UH), la ribotimidina (T), la inosina (I), lametilguanosina (GMe), etcétera, que constituyen el 10% de los ribonucleótidos totales del ARNt.

El ARNt debe cumplir dos funciones:

Reconocer y transportar los aminoácidos específicos hasta el ribosoma.

Reconocer los codones del ARNm.

3.1.2. ARN mensajero

El ARN mensajero (ARNm) es monocatenario, básicamente lineal. Sólo constituye el 2-5 % del ARN total.

La función del ARNm es tomar la información del ADN, que está en núcleo, y llevarla al citoplasma, donde están los ribosomas en los que se sintetizarán las proteínas con los aminoácidos aportados por los ARNt.

El ARNm se forma a partir de una hebra del ADN en un proceso llamado transcripción. Se crea, con las bases nitrogenadas complementarias, un molde con la información genética necesaria para la síntesis de proteínas. El tamaño del ARNm depende del tamaño de la proteína para la que lleva información. Después de

realizar su función, la síntesis de la proteína, las enzimas ribonucleasas lo destruyen para evitar la producción innecesaria de proteínas. Cuando se vuelva a necesitar la síntesis de una proteína concreta, se creará nuevo ARNm.

3.1.3. ARN ribosómico

El ácido ribonucleico ribosómico o ribosomal (ARNr) es el tipo de ARN más abundante (80-85% del ARN total) en las células y constituye, en parte, los ribosomas. Estos se encargan de la síntesis de proteínas según la secuencia de nucleótidos presente en el ARN mensajero.

El ARN ribosómico constituye el 60 % del peso de los ribosomas.

El ARNr presenta segmentos lineales y segmentos en doble hélice (estructura secundaria), debido a la presencia de secuencias complementarias de ribonucleótidos a lo largo de la molécula.

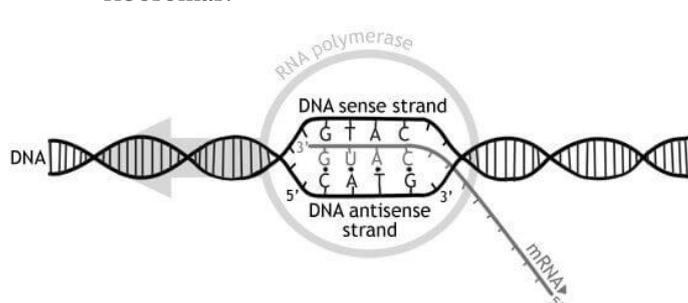
El peso de los ARNr y de los ribosomas se suele expresar según el coeficiente de sedimentación (s) de Svedberg, que es directamente proporcional a la velocidad de sedimentación de la partícula durante la ultracentrifugación. El coeficiente de sedimentación se expresa en unidades svedberg (S), siendo un svedberg equivalente a 10⁻¹³ segundos.

Las células procariontas presentan ribosomas de 70 S, menor peso que los de las células eucariotas, de 80 S.

3.2. Funciones de los ácidos ribonucleicos

Las funciones de los ARN pueden resumirse en tres:

- Transcripción: Las enzimas ARNpolimerasas sintetizan una secuencia de nucleótidos de ARN mensajero, complementario a las bases nitrogenadas de un gen (secuencia de nucleótidos de ADN con información para sintetizar una proteína). Este ARNm con información genética procedente del ADN irá al citoplasma hasta los ribosomas.



- Traducción: En los ribosomas se produce la lectura de la secuencia de ribonucleótidos de ARNm, y con la intervención del ARNt se irá sintetizando la proteína según los aminoácidos indicados en el ARNm.

- Almacenamiento de la información genética. Algunos virus como el de la gripe, el de la inmunodeficiencia humana, o el de la polio, no tienen ADN, y la información genética la tienen almacenada en forma de ARN.

