

# EL ADN, PORTADOR DEL MENSAJE GENÉTICO

Ver apartados 1 y 2 (ps. 93-98).

## 3. EL ADN, PORTADOR DEL MENSAJE GENÉTICO

El análisis químico de los cromosomas dio dos tipos de componentes, las proteínas y el ácido desoxirribonucleico. Tuvieron que pasar muchos años hasta que se aceptó que los genes estaban compuestos de ácidos nucleicos y no de proteínas. Lo demostraron los experimentos de Avery, MacLeod y McCarthy, y los de Hershey y Chase (p. 99).

## 4. LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ÁCIDOS NUCLEICOS

### 1. Los componentes de los ácidos nucleicos

Primero se descubrió en el núcleo de las células una sustancia rica en **fósforo** que se llamó **nucleína**, la cual se vio que tenía carácter ácido, por lo que pasó a llamarse **ácido nucleico**. Luego se encontró que poseía cuatro tipos de moléculas, de carácter básico y ricas en nitrógeno, llamadas **bases nitrogenadas** (adenina, guanina, citosina y timina). La adenina y la guanina son las **bases púricas** y su estructura son dos ciclos. La citosina y la timina son **bases pirimidínicas** y su estructura es un ciclo.

Luego se descubrió que uno de los componentes de los ácidos nucleicos era un glúcido de 5 átomos de carbono (**ribosa** o **desoxirribosa**), por lo que se llamaron a los ácidos nucleicos ácido ribonucleico (ARN) y ácido desoxirribonucleico (ADN). Otra diferencia entre ellos es que en el ARN, en lugar de aparecer timina, aparece uracilo, otra base nitrogenada pirimidínica.

Así, los ácidos nucleicos se podían definir como polímeros de nucleótidos.

#### - Los nucleósidos

Unión de una ribosa o de una desoxirribosa con una base nitrogenada, mediante un enlace N-glucosídico entre el C1' de la primera y el C1 de la base, si es pirimidínica, o el C9, si es púrica.

Se nombran añadiendo **-osina** al nombre de la base púrica (*adenosina*), o **-idina** al de la base pirimidínica (*uridina*). Si la pentosa es la desoxirribosa se antepone desoxi- (*desoxiadenosina*).

#### - Los nucleótidos

Unión de una molécula de ácido fosfórico y un nucleósido, a través del -OH del C5' de la pentosa. Tienen fuerte carácter ácido debido al grupo fosfato.

Se nombran quitando la "a" final del nombre del nucleósido y añadiendo **"5' -monofosfato"** (*adenosín -5' -monofosfato, AMP ; desoxicitidín -5' -monofosfato, dCMP*).

#### - Los ácidos nucleicos

Son polinucleótidos. Los nucleótidos se unen entre sí a través del radical fosfato del C5' de una pentosa, y del -OH del C3' de la otra pentosa.

## 5. EL ÁCIDO DESOXIRRIBONUCLEICO

### 1. Conceptos generales. Niveles estructurales y empaquetamiento

El ADN está formado por una cadena de nucleótidos de A, G, C y T, unidos entre sí mediante enlaces fosfodiéster formados en sentido 5' → 3', es decir, entre el C3' del último nucleótido de la cadena y el 5' del nuevo.

En las células eucariotas se encuentra en el núcleo, mitocondrias y cloroplastos. Está asociado a unas proteínas llamadas histonas. En procariotas está asociado a proteínas similares a histonas, a ARN y a proteínas no histónicas, formando una condensación llamada nucleoide.

## 2. Estructura primaria del ADN (secuencia de nucleótidos)

Es la secuencia de nucleótidos de una sola cadena o **hebra**. En ella se pueden distinguir un esqueleto de fosfopolidesoxirribosas y una secuencia de bases nitrogenadas.

## 3. Estructura secundaria del ADN (doble hélice)

Es la disposición en el espacio de dos hebras o cadenas de polinucleótidos en **doble hélice**, con las bases nitrogenadas enfrentadas y unidas mediante puentes de hidrógeno. Esta estructura se dedujo a partir de los siguientes datos :

- La **densidad** y **viscosidad** de las dispersiones acuosas del ADN eran superiores a las esperadas. Se supuso que debían agruparse entre ellas a través de puentes de hidrógeno.

- Se observó que todos los ADN tenían tantas moléculas de A como de T, y tantas de C como de G. Esto implicaba que los enlaces se establecían entre A y T, con dos **puentes de hidrógeno**, y entre C y G, con tres.

- Los estudios mediante difracción de rayos X aportaron nuevos datos, como que el ADN tenía una estructura fibrilar en la que se repetían ciertas unidades cada poco espacio y que había otra repetición mayor cada más espacio.

**Watson y Crick** elaboraron el modelo de la doble hélice. Según este modelo, el ADN estaría formado por dos cadenas de polinucleótidos que serían antiparalelas, complementarias y enrolladas una sobre la otra en forma plectonímica o en doble hélice, lo que implica que para separar las dos hebras hay que girar una respecto a la otra.

Los grupos hidrófobos -CH<sub>3</sub> y -CH= de las bases se disponen hacia el interior de la molécula, estableciéndose interacciones lipofóbicas, que colaboran con los puentes de H en dar estabilidad a la molécula. Las pentosas y los grupos fosfato quedan en el exterior. Debido a la ionización de los grupos fosfato, los ácidos nucleicos tienen carácter ácido.

La doble hélice es muy estable, pero si se calienta por encima de 100° C, las dos hebras de la doble hélice se separan, es decir se produce la **desnaturalización**. Luego pueden volver a unirse, produciéndose la renaturalización, lo que permite la hibridación si se parte de hebras de distintos ADN.

## 4. El ADN superenrollado. El empaquetamiento del ADN circular

Las moléculas de ADN circular (bacterias o mitocondrias), presentan una estructura terciaria, en la que la fibra se halla retorcida sobre sí misma formando una superhélice, o ADN superenrollado. Se debe a la acción de las enzimas **ADN-topoisomerasas II**. Esta estructura proporciona dos ventajas : consigue reducir la longitud del ADN y facilita el proceso de su duplicación.

## 5. Estructura terciaria del ADN (cromatina)

La cromatina es la sustancia fundamental del núcleo celular. Su nombre deriva de la fuerte coloración que adquiere cuando se tiñe con colorantes básicos.. Está constituida por filamen-

tos de ADN en diferentes grados de condensación. Hay tantos filamentos como cromosomas presentará la célula durante la división del núcleo. Estos filamentos forman ovillos que se presentan como masas amorfas, dado que su elevada compactación no permite observar su estructura.

Está constituida por la **fibra de cromatina de 100 Å** (collar de perlas), que a su vez está formada por la fibra de 20 Å (**doble hélice**), asociada a unas proteínas llamadas **histonas** (básicas, bajo peso molecular). El collar de perlas se encuentra en el núcleo en reposo en las células somáticas. En los espermatozoides, la cromatina presenta **estructura cristalina**<sup>1</sup>.

El collar de perlas está constituida por una sucesión de partículas de 100 Å de diámetro denominadas **nucleosomas**. Cada nucleosoma está formado por un **octámero** de histonas y por una **fibra de ADN de 200 pares de bases**. El ADN que queda entre un octámero y otro se llama **espaciador** y mide 54 pares de bases, 27 a un lado y 27 al otro. La fibra de ADN así formada recibe el nombre de **fibra laxa**. Cuando cada nucleosoma se asocia a otra histona (la H1), la fibra de 100 Å se acorta y se llama **fibra condensada**.

## 6. Estructura cuaternaria del ADN (cromosomas)

Los cromosomas están formados por una fibra de ADN de 300 Å de diámetro, lo que permite concentrar una gran cantidad de ADN. Para explicar esta estructura se acepta el modelo del solenoide.

- La fibra de cromatina de 300 Å.** Arrollamiento sobre sí misma de la fibra condensada de cromatina de 100 Å, es decir, fibras que contienen histonas H1. Según el modelo del solenoide hay unos seis nucleosomas por vuelta, y las histonas H1 se agrupan entre sí, formando el eje central de la fibra. Así se acorta unas 5 veces la longitud del collar de perlas.
- Niveles superiores de empaquetamiento.** La fibra de 300 Å forma una serie de **bucles** (3º nivel de empaquetamiento). Seis bucles forman una estructura retorcida, llamada **roseta**, y treinta rosetas seguidas, dispuestas en espiral forman un **rodillo**, que constituye el 4º nivel de empaquetamiento. El quinto y último nivel es el **cromosoma**, que es la sucesión de rodillos.

## 7. Tipos de ADN según su estructura, su forma y su empaquetamiento

- Según su **estructura**, el ADN puede ser de una sola hebra (**monocatenario**), o de dos hebras (**bicatenario**). El monocatenario es muy raro, sólo en virus.  
El bicatenario puede ser **circular** (bacterias) o **lineal** (eucariotas).
- Según su **empaquetamiento** se distingue el ADN del núcleo eucariota, asociado a histonas o a protaminas (espermatoz.). En procariotas está asociado a proteínas similares a histonas, a ARN y a proteínas no histónicas.
- Según la **longitud**, cuanto más complejo sea el organismo, más largo es su ADN, aunque no siempre se cumple.

<sup>1</sup> Estructura cristalina : asociación del ADN con protaminas. Aparece en el núcleo de los espermatozoides. Hay mayor fuerza de atracción entre el ADN y las proteínas y una mayor compactación.