

LOS ÁCIDOS NUCLEICOS

REPLICACIÓN Y TRANSCRIPCIÓN

© Vicente Hernández Gil

INDICE

1. INTRODUCCIÓN: Los ácidos nucleicos, constitución general y tipos.
2. ADN: Composición y estructura.
3. ARN: Composición, tipos y estructura.
4. Función de los ácidos nucleicos: replicación y transcripción.
5. Otros nucleótidos de interés biológico.

1. INTRODUCCIÓN

ACIDOS NUCLEICOS: Constitución general y tipos

Son sustancias químicas con carácter de ácidos y que se encontraron por primera vez en el núcleo eucariótico.

Son polímeros de elevado Pm.

Por hidrólisis se separan sus constituyentes:

- Ác. fosfórico
- Pentosa (ribosa ó desoxirribosa)
- Bases nitrogenadas

Según sea la pentosa:

ARN: Ribosa (β -D-ribofuranosa)

ADN: Desoxirribosa (β -D-Desoxirribofuranosa)

- Tipos de bases nitrogenadas:

Púricas

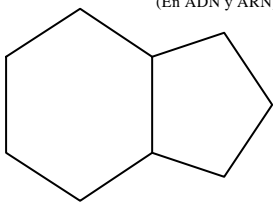
Adenina (A)
Guanina (G)

Pirimidínicas

Citosina (C)
Timina (T)- SOLO ADN
Uracilo (U)- SOLO ARN

BASES NITRIGENADAS PÚRICAS

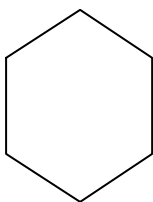
(En ADN y ARN)



Adenina

Guanina

BASES NITROGENADAS PIRIMIDÍNICAS



Citosina (ADN y ARN)

Timina (ADN)

Uracilo (ARN)

NUCLEÓSIDO= pentosa + base nitrogenada

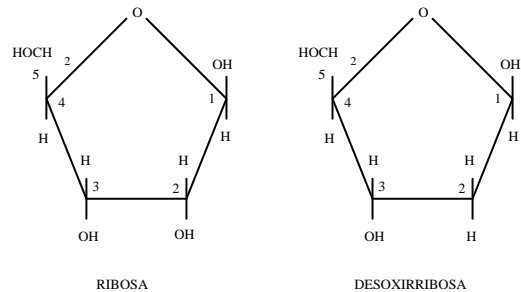
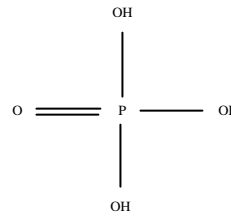
NUCLEÓTIPO= NUCLEÓSIDO + ácido fosfórico

La polimerización de nucleótidos \rightarrow **ácidos nucleicos** (polímeros de nucleótidos).

Las bases nitrogenadas:

- Tienen estructura cíclica
- Se llaman bases aminadas por llevar un NH_2 en su molécula.
- Las púricas tienen elevado Pm y doble ciclo.
- Las pirimidínicas bajo Pm y son monocíclicas.

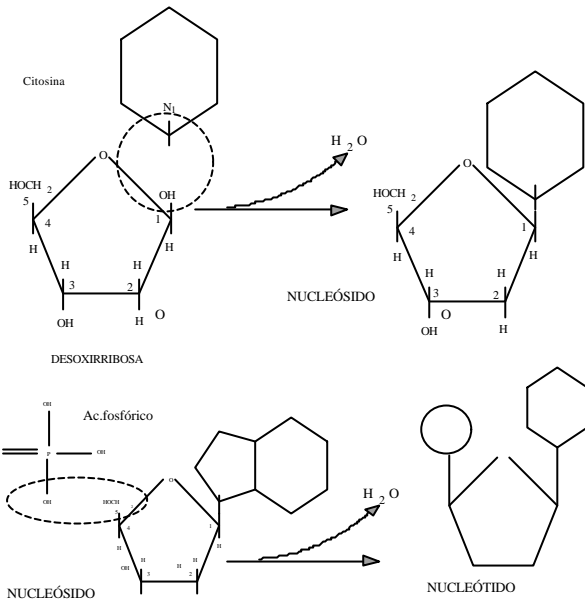
La base nitrogenada y la pentosa se unen entre sí por el Carbono 1 de la pentosa y el Nitrógeno 1 ó 9 de la base nitrogenada \rightarrow formándose el **nucleósido**. A éste se le añade el ácido fosfórico en el C_5 de la pentosa \rightarrow **nucleótido**.



Los nucleótidos se van uniendo entre ellos a través del C_3 de la pentosa con el P del nucleótido siguiente. Así se forman ... dinucleótidos, trinucleótidos,.... polinucleótidos.

Siempre queda la cadena con un extremo C_3' libre, de la pentosa, y otro extremo con un fósforo en el C_5' de la última pentosa.

Los enlaces que unen los nucleótidos son de tipo éster.



2. ADN: Composición y estructura.

Composición química: Ácido fosfórico, (β -D-Desoxirribofuranosa y bases nitrogenadas: A, G -púricas- y C, T -pirimidínicas- (nunca Uracilo).

Localización: En el núcleo de las células de todos los seres vivos.

En células eucariotas, asociado a proteínas (histonas) → cromosomas.

En células procariontas se encuentra disperso por el citoplasma, sin unirse a proteínas.

Constituye el material genético → transmite la herencia.

Puede también encontrarse en el interior de cloroplastos y mitocondrias.

Estructura molecular: Se descubrió en la primera mitad de este siglo. En 1950 CHARGAFF descubrió que todos los ADN tenían tantas moléculas de A como de T; y tantas de C como de G.

En 1953 WATSON y CRICK, basándose en los datos anteriores, elaboraron un modelo: *el modelo de la doble hélice*. Suponen que hay dos cadenas de polinucleótidos enfrentadas entre sí, y enrolladas de izquierda a derecha, en forma de espiral. Suponen que frente a una base A hay una T, ya que es la única forma de que la doble cadena mantenga su anchura

(el tamaño molecular respondía a ello). Para que siga esta compensación, la G siempre iría con C.

Las dos cadenas que forman el ADN son **complementarias**: La secuencia de bases de una es complementaria de la secuencia de bases de la otra.

La secuencia de bases es **específica** para cada tipo de ADN de cada ser vivo. Esta secuencia es el **CÓDIGO GENÉTICO**. Este código genético es el que va a determinar la síntesis de proteínas y la secuencia específica de aminoácidos que tengan.

Las dos cadenas de ADN son **antiparalelas**, tienen distinta orientación y distinta polaridad.

La distancia entre cada pareja de bases (*escalones*) es de 3,4 Å. Estos eran los intervalos que encontraron Watson y Crick, que se repetían.

Las dos cadenas están unidas entre sí por puentes de H, entre las bases.

Aunque los enlaces de H son débiles, dan estabilidad a la molécula porque hay miles y miles de ellos.

En la actualidad se conocen **3 tipos de estructura** en la doble hélice de ADN: Las formas **B, A y Z**:

- **Forma B:** Es la propuesta por Watson y Crick. Es una hélice dextrógira, con las bases complementarias situadas en planos horizontales, de manera que el eje de la molécula atraviesa dichos planos por su centro. Es la forma más corriente en el ADN en dispersión.
- **Forma A:** También es dextrógira, pero las bases se encuentran en planos inclinados, y el eje de la molécula no los atraviesa por el centro. Esta forma aparece cuando se deseca la forma B. No es funcional.
- **Forma Z:** Es levógira, con enrollamiento irregular y una configuración en zig-zag (de ahí su nombre). Esta forma sólo aparece en regiones de ADN donde hay muchas C-G. Se piensa que la forma Z constituye señales para las proteínas.

La estructura en doble hélice sería la estructura **secundaria** del ADN (las 3 formas anteriores).

Si la doble hélice se pliega sobre sí misma, entonces tendríamos la estructura **terciaria**.

En células eucariotas se une a proteínas, y se pliega sobre sí misma → estr. **cuaternaria** (forma los **CROMOSOMAS**).

En células procariontas el ADN no se asocia a proteínas, está libre en el citoplasma, y es **cíclico** (anular). Forma el único cromosoma que tienen.

En virus hay casos de ADN monocatenarios, bien lineales o cíclicos.

complementarias. Tiene forma de *hoja de trébol*. La molécula tiene **4 brazos** distintos:

- Brazo D y su asa.
- Brazo T y su asa.
- Brazo anticodón y su asa.
- Brazo aceptor de aminoácidos.

Es soluble. Se encuentra disperso por el citoplasma, donde se une a aminoácidos, llevándolos hasta los ribosomas. En éstos últimos, según la secuencia del ARNm, se van a sintetizar las proteínas.

- En el extremo 5' del ARNt hay siempre un nucleótido con G.
- En el extremo 3' (donde se enlaza el aác.) siempre está el triplete C-C-A.
- En el *anticodón* hay distintos tripletes, en correspondencia con los aminoácidos que capta específicamente cada ARNt.
- En el ARNt, también el *codón* es específico.
- Entre los nucleótidos aparecen otros, como *ribotimina (T)*, *Inosina (Y)*.... (hasta un 10 % de los nucleótidos totales del ARNt).

3. ARN:

Composición, tipos y estructura

Composición química: Está constituido por nucleótidos de ribosa, con las bases G, C, A y U (no tiene Timina).

Estructura: Una sola cadena de polinucleótidos.

A veces se pliega sobre sí misma, en algunos tramos, apareciendo como una cadena doble.

La molécula es más pequeña que la del ADN.

Hay gran número de moléculas de ARN en las células.

Localización y tipos de ARN:

- **ARNm (mensajero):** Es el que tiene menor proporción del ARN celular (5 %).

Longitud variable, dependiendo del tamaño del trozo de ADN que haya copiado, ya que el ARNm siempre se obtiene como copia del ADN. A este proceso es a lo que se conoce como TRANSCRIPCIÓN.

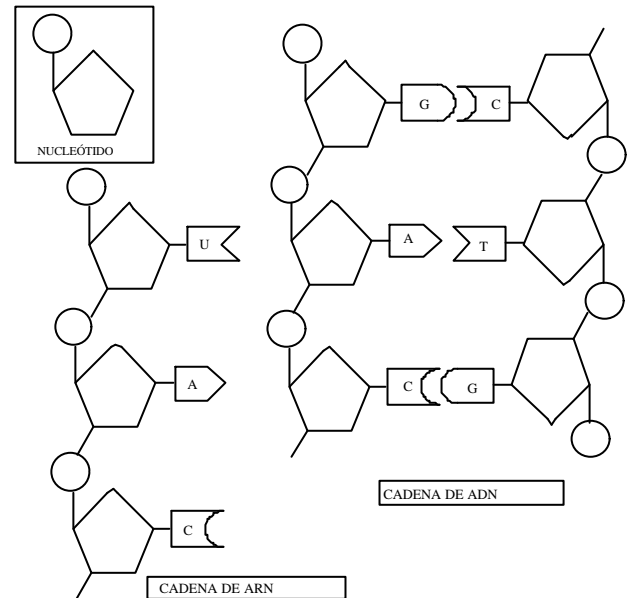
La transcripción ocurre en el núcleo. Luego el ARNm formado sale al citoplasma y se une a los ribosomas. En los ribosomas el ARNm (lleva el mensaje genético del ADN), traduce el mensaje en forma de proteínas.

- **ARNr (ribosómico):** Es el más abundante (80 %) del total de ARN. Tiene mayor Pm que los otros tipos.

Su estructura se asocia con proteínas y forma los RIBOSOMAS. Esta estructura presenta fragmentos lineales y fragmentos en doble hélice.

- **ARNt (transferente):** Representa el 15 % del total de ARN celular. Tiene bajo Pm, no se asocia a proteínas y se encuentra libre en el citoplasma.

Está formado por una cadena de polinucleótidos plegada sobre sí misma. Algunos fragmentos quedan emparejados por bases



4. FUNCIÓN DE LOS ÁCIDOS NUCLEICOS

La función principal de los ácidos nucleicos es **almacenar y transmitir la información genética**. Constituyen el material genético celular.

El ADN, a nivel molecular, tiene una doble función:

- Sacar copias de sí mismo, duplicarse, autoperpetuarse, asegurando la transmisión de los genes: **REPLICACIÓN**, y
- transmitir la información al ARN, que saca copias del ADN, pudiendo así transcribir dicha información, en forma de proteínas, determinando las características de la célula, la herencia: **TRANSCRIPCIÓN**.

DUPLICACIÓN DEL ADN: REPLICACIÓN

Es un proceso **semiconservativo**: La doble hélice de ADN, cuando se duplica, conserva una de sus hebras, y sintetiza la otra, de nuevo, por complementariedad, añadiendo nucleótidos y utilizando la cadena *madre* como patrón.

Se forman 2 *cadena hijas*, cada una de las cuales lleva:

- Una hebra de la madre

- Una hebra de nueva síntesis.

Así, cada una de las dobles cadenas hijas, son iguales entre sí, y también iguales a la cadena madre.

El proceso de duplicación necesita de la actuación de un SISTEMA DE ENZIMAS:

Helicasas ó girasas: Hacen que la molécula de ADN se desenrolle, perdiendo la forma de hélice, ya que se rompen los enlaces por puentes de H (hidrógeno) entre las bases.

- Otros enzimas mantienen la estabilidad de la molécula abierta.

- Se van incorporando nucleótidos frente a las cadenas *madres* (que actúan de patrones), siempre en el mismo sentido: 5' → 3'.

- Como las cadenas son *antiparalelas*, el mecanismo de copia es distinto para cada una de ellas:

- Una se vá copiando de forma *continua*.

- Otra en fragmentos cortos (fragmentos de OKAZAKI), pero SIEMPRE desde 5' → 3'.

La incorporación de nucleótidos a las dos cadena la realiza **ADN-polimerasa**.

Para iniciar la incorporación de nucleótidos, necesita un cebo, como punto de arranque: *un pequeño fragmento de ARN*.

La enzima que fabrica previamente los ARN-cebadores, es la **ARN-polimerasa**.

En la cadena de hebra continua, no habrá más problemas, pero en la otra, cada fragmento de ADN copiado, requiere la presencia de ARN cebador, que habrá que eliminar posteriormente. Esta función la realiza otra enzima. Luego, otra ADN-polimerasa (distinta de la anterior), rellena los huecos donde se situaban los cebos (de ARN). Finalmente, otra enzima, la **ligasa**, se encarga de unir los fragmentos sueltos, obteniéndose de este modo 2 cadenas ó hebras *hijas*.

SÍNTESIS DE ARN: TRANSCRIPCIÓN.

Los 3 tipos de ARN se obtienen por copia de ADN. Su *fabricación* tiene lugar en el núcleo. Luego, los ARN formados, salen al citoplasma tras un proceso de *maduración*.

Al proceso de obtención de ARN a partir de copias del ADN se le denomina **TRANSCRIPCIÓN**, y lo realizan enzimas **ARN-polimerasas**, añadiendo nucleótidos en dirección 5' → 3', a partir de UNA de las cadenas de ADN solamente.

La molécula de ARN sintetizada sufre un proceso de *maduración* hasta llegar al citoplasma, tomando sus formas características, para cada uno de los 3 tipos de ARN, y perdiendo en ese proceso algunos fragmentos.

Todos los ARN creados intervienen en la síntesis de proteínas y en la transmisión de los caracteres hereditarios.

- En algunos VIRUS, se produce el ADN a partir de ARN, por medio de una enzima: la **TRANSCRIPTASA INVERSA**.

- Otros virus sacan copias de ARN de otro ARN.

5. OTROS NUCLEÓTIDOS DE INTERÉS BIOLÓGICO

Interviene en reacciones de carboxilación, sobre todo en el catabolismo de glúcidos (respiración).

- **AMP-cíclico (Adenosín monofosfato cíclico):**

El grupo fosfato se cicla, enlazando con los carbonos 5' y 3' de la pentosa. Interviene en procesos hormonales.

Existen otros nucleótidos, o derivados de nucleótidos, que no forman parte de los ácidos nucleicos, pero que realizan funciones primordiales en los seres vivos:

- **ATP (Adenosín-trifosfato):**

Almacena y libera energía, gracias a los enlaces fosfato. Se le conoce como *moneda de intercambio energético*.

Químicamente es un nucleótido, pero con 3 fósforicos (P). Actúa:

→ libera energía →

ATP → ADP → AMP

← capta y almacena energía ←

- **GTP (= que ATP, pero con Guanina)**

Su función también es energética. ATP y GTP intervienen como coenzimas, de enzimas que catalizan reacciones de fosforilación, cediendo su P a otras moléculas.

- **NAD (Nicotínamida-adenín-dinucleótido)**

Es un derivado del ácido nicotínico (Vitamina PP -niacina-). Es un coenzima de las deshidrogenasas.

- **NADP (= que NAD, pero con fosfórico).** También actúa de coenzima *redox*.

NADH₂ → NAD

NADH₂ → NADP

- **FAD (Flavín adenín dinucleótido), y FMN (Flavín mono nucleótido):** Son derivados de la riboflavina (Vitamina B₁₂) y un nucleótido de adenina. Tienen naturaleza vitamínica, y son también coenzimas *redox*

FAD → FADH₂

- **Coenzima A:**

Deriva de un nucleótido de adenina. Tiene 3 grupos P, una molécula de ácido pantoténico (vitamina), y otra molécula más de B-aminoeteno-diol. Termina en un radical -SH, que le dá carácter funcional. Se representa CoA-SH.