

## RECUERDA Y CONTESTA

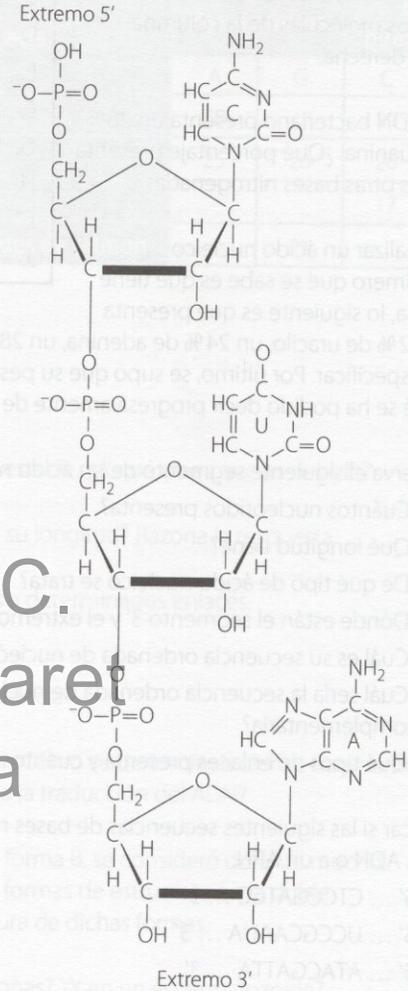
1. Esta molécula se encuentra en el interior de las células y en el interior de una gran parte de virus. En las células procariontas aparece más o menos condensado en una zona del citoplasma, y en las células eucariotas se encuentra rodeado de una doble membrana, constituyendo un orgánulo denominado núcleo.
2. Cada molécula de ADN está formada por dos largas cadenas de polinucleótidos enrolladas alrededor de un eje imaginario, formando una doble hélice. Las dos cadenas son antiparalelas y se mantienen unidas por puentes de hidrógeno. Además, son complementarias, la adenina siempre queda emparejada con la timina, y la guanina, con la citosina.
3. El aspecto más adecuado de esta estructura es que al estar constituida por dos cadenas, estas son susceptibles de separarse entre sí y cada una de ellas servir de molde para sintetizar sobre ella la cadena complementaria. De esta forma, se pueden obtener dos moléculas idénticas, con la información biológica completa, que cuando una célula se divide en dos, pueden servir para cada una de ellas.
4. En las células eucariotas, el ARN se localiza en el núcleo y en el citoplasma.

Estructuralmente está formado por una sola cadena de nucleótidos, excepto en reovirus, que es bicatenario. Está constituido por nucleótidos de ribosa, con las bases adenina, guanina, citosina y uracilo. No tiene, pues, timina como el ADN.

5. Las moléculas de ADN están constituidas por desoxirribonucleótidos de adenina, guanina, citosina y timina, la pentosa siempre es la desoxirribosa, mientras que las moléculas de ARN presentan ribonucleótidos de adenina, guanina, citosina y uracilo, la pentosa en este caso es la ribosa.

El ARN es la molécula que extrae la información del ADN y dirige la síntesis de proteínas a partir de esta información.

3. La secuencia de bases de la cadena representada es adenina-uracilo-citosina.
4. Porque cada uno de los nucleótidos que constituyen los ácidos nucleicos poseen un ácido fosfórico.
- 5.



## ACTIVIDADES

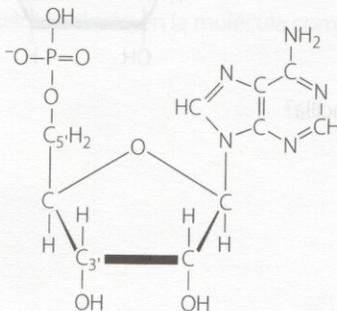
1. Bases que forman parte del ADN: adenina, guanina, citosina y timina.

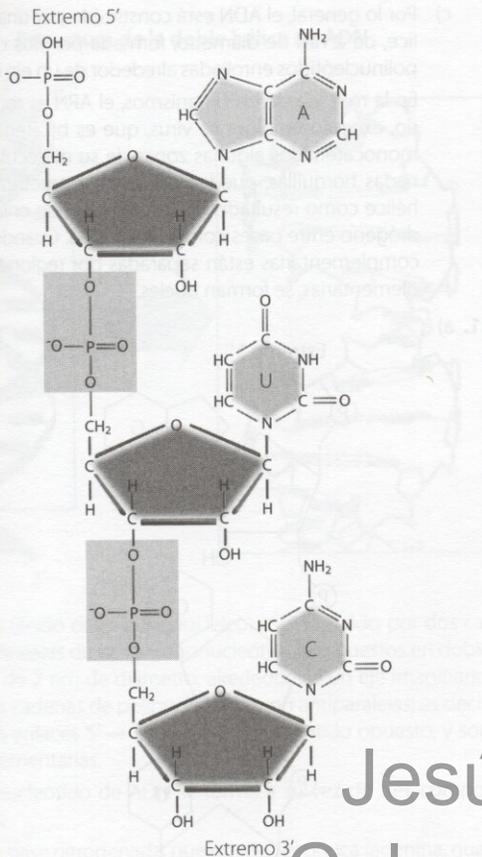
Bases que forman parte del ARN: adenina, guanina, citosina y uracilo.

Bases púricas. Derivan de una molécula de purina y son: la adenina (A) y la guanina (G).

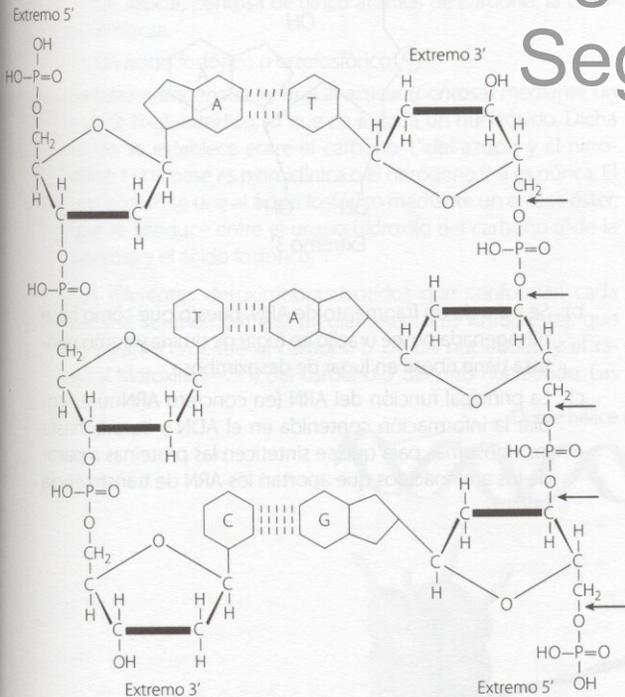
Bases pirimidínicas. Derivan de una molécula de pirimidina y son: la citosina (C), la timina (T) y el uracilo (U).

2. El nucleótido representado se denomina desoxiadenosina 5'-monofosfato (dAMP).



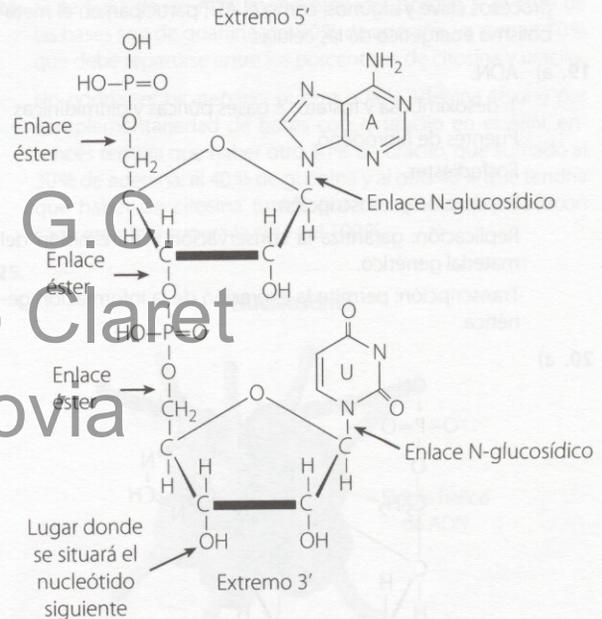


6. Cada enlace de tipo éster queda señalado por una flecha.



7. Si hay un 23% de A, habrá un 23% de T. Como que entre A y T suman un 46%, entre C y G sumarán un 54% ( $100 - 46 = 54$ ), y como ha de haber la misma cantidad de C que de G, habrá un 27% de C y un 27% de G.

- Se trata de un ARN, puesto que el ADN no presenta U, sino T. Es de un solo filamento, porque si fuera de doble filamento habría la misma cantidad de A que de U, y la misma cantidad de G que de C.
- Los niveles estructurales se refieren a los diferentes rangos de complejidad estructural que presenta el ADN. Así se distinguen: estructura primaria, secundaria y terciaria o ADN superenrollado. En las células eucariotas el ADN se une además a histonas, lo que determina los niveles de empaquetamiento.
- La cromatina laxa está constituida por una sucesión de partículas de 100  $\alpha$  de diámetro denominadas nucleosomas. Si los nucleosomas se asocian a una molécula de histona H1, la fibra se acorta y pasa a estar compacta o condensada.
- El ADN puede clasificarse según su forma en: lineal y circular.
- El ADN de las células procariontas se encuentra asociado a proteínas parecidas a las histonas y a proteínas no histónicas.
- 



- El ARNm de eucariotas presenta algunas zonas con doble hélice y zonas monocatenarias. Se encuentra asociado a proteínas formando partículas ribonucleoproteicas. Posee capucha, cola de poli-A, intrones y exones. Es monocistrónico, ya que lleva información para que se sintetice una proteína. El ARNm de procariontas no presenta intrones, no tiene capucha ni cola de poli-A y empieza con un nucleótido trifosfato no invertido. Puede ser policistrónico, es decir, puede contener información para dos o más cadenas polipeptídicas.
- Se debe a la presencia de bases complementarias entre distintos segmentos, esto facilita que se doblen y formen una estructura en doble hélice.
- Una forma de diferenciar los tipos de ARNt es según el anticodón que presenten, que es el que se complementa con el triplete codón del ARNm.
- Tipos de ARN: ARN mensajero, ARN de transferencia y ARN ribosómico.

- ARN mensajero: monocatenario y tipos de nucleótidos: localización: núcleo y citoplasma; función: transferencia de información.
- ARN de transferencia: monocatenario y regiones de doble hélice o de apareamiento interno y tipos de nucleótidos; localización: núcleo, citoplasma o ribosoma; función: transferencia de aminoácidos en la síntesis de proteínas.
- ARN ribosómico: monocatenario y regiones de doble hélice o de apareamiento interno, asociación a proteínas y tipos de nucleótidos; localización: se sintetiza en el nucléolo y se transporta al citoplasma asociado a proteínas; función: soporte de la síntesis de proteínas.

18. Composición: pentosa (ribosa o desoxirribosa); bases nitrogenadas (adenina, timina, guanina, citosina y uracilo) y ácido fosfórico.

Estructura: fosfato unido a pentosa, y esta, a base nitrogenada.

En cuanto a las funciones de los nucleótidos, podemos destacar que son los monómeros estructurales de los ácidos nucleicos, en ocasiones actúan como mediadores fisiológicos en procesos clave y algunos, como el ATP, participan en el metabolismo energético de las células.

19. a) ADN:

1: desoxirribosa y fosfato; 2: bases púricas y pirimidínicas

Puentes de hidrógeno.

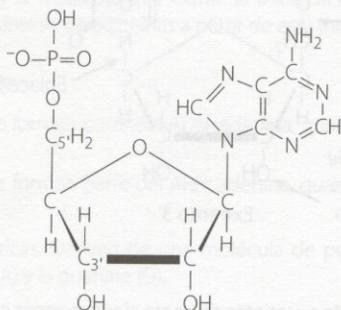
Fosfodiéster.

b) Replicación y transcripción:

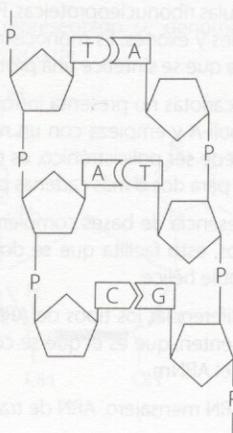
Replicación: garantiza la conservación y transmisión del material genético.

Transcripción: permite la expresión de la información genética.

20. a)

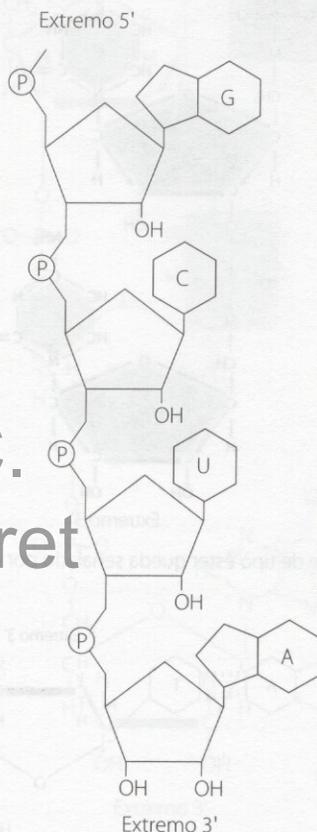


b)



- c) Por lo general, el ADN está constituido por una doble hélice, de 2 nm de diámetro, formada por dos cadenas de polinucleótidos enrolladas alrededor de un eje imaginario. En la mayoría de los organismos, el ARN es monocatenario, excepto en algunos virus, que es bicatenario. En los monocatenarios algunas zonas de su molécula, denominadas horquillas, pueden presentar estructura de doble hélice como resultado de la formación de enlaces de hidrógeno entre bases complementarias. Cuando las zonas complementarias están separadas por regiones no complementarias, se forman bucles.

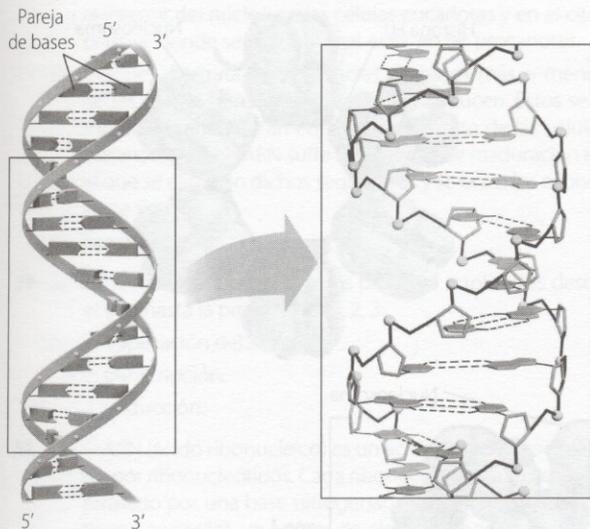
21. a)



- b) Se trata de un fragmento de ARN, puesto que como base nitrogenada posee uracilo en lugar de timina y como pentosa tiene ribosa en lugar de desoxirribosa.
- c) La principal función del ARN (en concreto ARNm) es copiar la información contenida en el ADN y llevarla hasta los ribosomas para que se sinteticen las proteínas a partir de los aminoácidos que aportan los ARN de transferencia (ARNt).

Jesús G.C.  
Colegio Claret  
Segovia

22. Estructura de la doble hélice de ADN



El ADN (ácido desoxirribonucleico) está formado por dos cadenas lineales de desoxirribonucleótidos dispuestos en doble hélice, de 2 nm de diámetro, alrededor de un eje imaginario. Las dos cadenas de polinucleótidos son antiparalelas; es decir, con los enlaces 5' → 3' orientados en sentido opuesto, y son complementarias.

Cada nucleótido de ADN se forma a su vez de tres componentes:

- Una base nitrogenada, que puede ser púrica (adenina, guanina) o pirimidínica (citosina, timina).
- Un azúcar, pentosa de cinco átomos de carbono, la desoxirribosa.
- Un ácido fosfórico u ortofosfórico.

La base nitrogenada se une al azúcar (pentosa) mediante un enlace N-glucosídico, lo que da lugar a un nucleósido. Dicha unión se establece entre el carbono 1' del azúcar y el nitrógeno 1 si la base es pirimidínica o el nitrógeno 9 si es púrica. El nucleósido se une al ácido fosfórico mediante un enlace éster, que se produce entre el grupo hidroxilo del carbono 5' de la pentosa y el ácido fosfórico.

Los diferentes desoxirribonucleótidos que conforman cada cadena se unen entre sí mediante enlaces fosfodiéster, que se establecen entre el carbono 5' de un nucleótido y el radical hidroxilo (-OH) del carbono 3' del otro nucleótido. Las

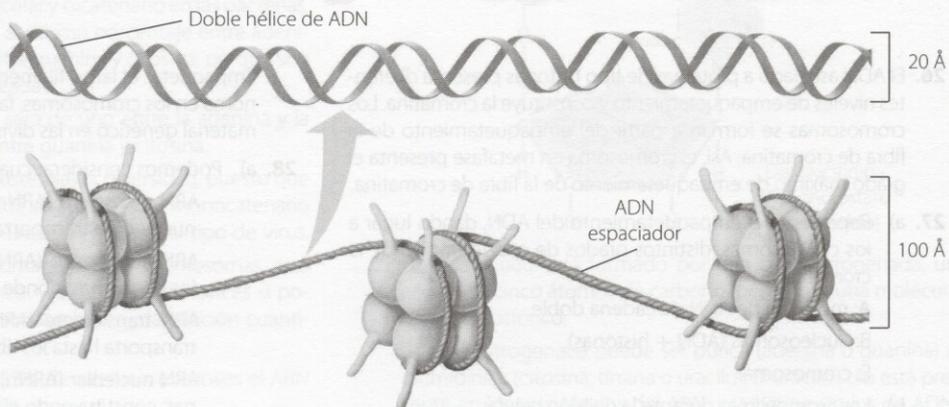
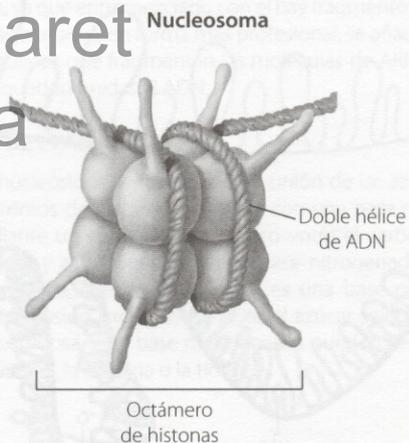
bases nitrogenadas de las dos cadenas de polinucleótidos se mantienen unidas por enlaces de hidrógeno. Dichos enlaces dependen de la complementariedad entre las bases. Siempre que en una cadena haya adenina en la complementaria habrá timina, unidas por dos enlaces de hidrógeno; y siempre que en una cadena haya guanina en la otra habrá citosina, unidas por tres enlaces de hidrógeno.

23. a) Si el fragmento está constituido por un 30% de adenina, tendrá también un 30% de timina, 20% de guanina y 20% de citosina. Puesto que el apareamiento de las bases es adenina con timina y guanina con citosina, y así la suma de los porcentajes de todas las bases da 100%.
- b) Al indicar que el fragmento es bicatenario, se tratará de ADN, puesto que el ARN se presenta, en la mayoría de los casos como una sola cadena. Por tanto, se ha considerado en el apartado anterior que posee timina y no uracilo.
- c) La pentosa que forma parte de la composición química del ADN es la desoxirribosa.
- d) El ADN de la célula se localiza en el núcleo.
24. Sí, se trata de un ADN monocatenario, porque si el 40% de las bases son de guanina y el 30% de adenina, ya suman 70% que debe repartirse entre los porcentajes de citosina y uracilo.

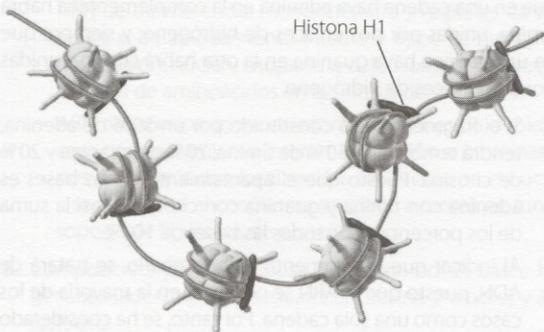
No podría ser bicatenario, puesto que la adenina se une por complementariedad de bases con el uracilo en el ARN, entonces tendría que haber otro 30% de uracilo, que sumado al 30% de adenina, al 40% de guanina y al otro 40% que tendría que haber de citosina (unida por complementariedad con cada guanina) supera la cifra del 100%.

Jesus G.O.  
Colegio Claret  
Segovia

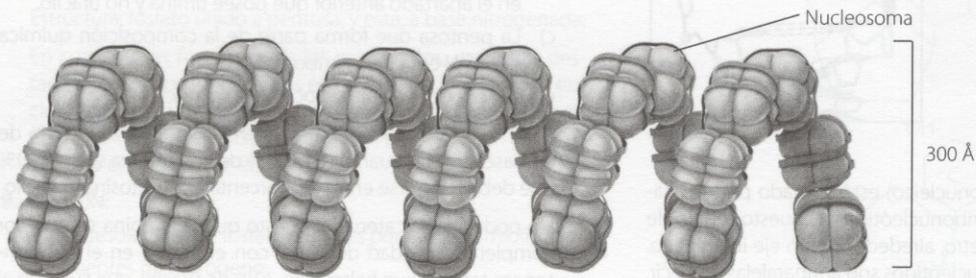
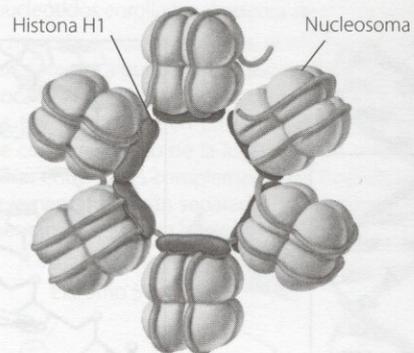
25.



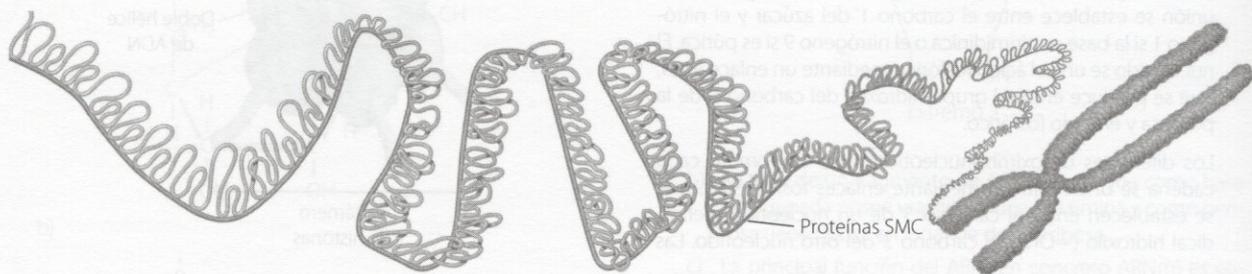
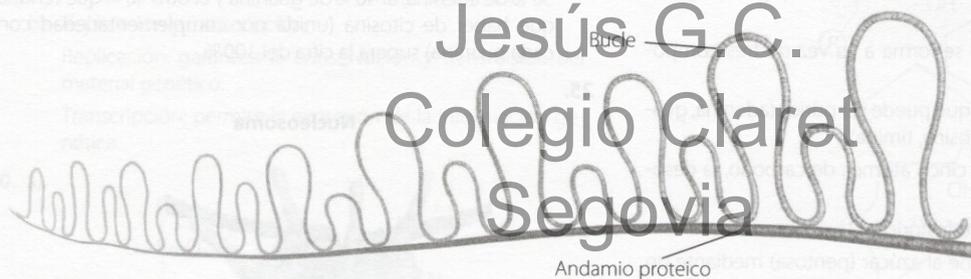
## Fibra de cromatina compacta



## Eje central del solenoide



Jesús G.C.  
Colegio Claret  
Segovia



26. El ADN asociado a proteínas de tipo histonas presenta diferentes niveles de empaquetamiento y constituye la cromatina. Los cromosomas se forman a partir del empaquetamiento de la fibra de cromatina. Así, el cromosoma en metafase presenta el grado máximo de empaquetamiento de la fibra de cromatina.

27. a) Representa el empaquetamiento del ADN, dando lugar a los cromosomas, distintos grados de condensación de la cromatina.

A: molécula de ADN de cadena doble.

B: nucleosomas (ADN + histonas).

E: cromosoma.

b) Los cromosomas durante la división celular.

Empaquetar el largo filamento de ADN que constituye el genoma en los cromosomas, facilitando el reparto equitativo del material genético en las divisiones celulares.

28. a) Podemos considerar cuatro tipos de ARN:

- ARN mensajero (ARNm). Copia la información del ADN nuclear y la transporta hasta los ribosomas.
- ARN ribosómico (ARNr). Se asocia a proteínas y forma los ribosomas, donde se sintetizan las proteínas.
- ARN transferente (ARNt). Se une a aminoácidos y los transporta hasta los ribosomas para formar las proteínas.
- ARN nucleolar (ARNn). Se encuentra asociado a proteínas, constituyendo el nucléolo.

- b) Todos los ARN se originan a partir de una secuencia de ADN, mediante el proceso de transcripción, que tiene lugar en el interior del núcleo en las células eucariotas y en el citoplasma, donde se encuentra el ADN, en las procariontas.
- c) Intrones. Se trata de secuencias de bases más o menos largas que se transcriben pero no se traducen. Estos segmentos se encuentran en el ARN transcrito de las células eucariotas. Dicho ARN sufre un proceso de maduración en el que se eliminan dichos segmentos y se unen los exones entre sí.
- d) Exones.
29. a) La secuencia numérica de los procesos implicados desde el gen hasta la proteína sería: 2, 3.
- b) 1: duplicación del ADN.  
2: transcripción.  
3: traducción.
30. a) El ARN (ácido ribonucleico) es un ácido nucleico constituido por ribonucleótidos. Cada ribonucleótido, a su vez, está formado por una base nitrogenada (adenina, guanina, citosina o uracilo), un azúcar de cinco átomos de carbono (ribosa) y un ácido fosfórico. La base nitrogenada se une al azúcar por un enlace N-glucosídico y constituye un nucleósido. El ácido fosfórico se une al nucleósido mediante un enlace éster. Los diferentes ribonucleótidos que forman el ARN se unen entre ellos por enlace fosfodiéster.
- El ARN suele estar constituido por una sola cadena, aunque en algunos virus puede ser bicatenario. En ocasiones, la cadena de ARN presenta apareamiento de bases nitrogenadas. Esto hace que aparezcan tramos bicatenarios, originados por el plegamiento de la cadena sobre sí misma, formando horquillas y bucles. Generalmente, el ARN es una cadena mucho más corta que el ADN, y puede encontrarse tanto en el núcleo como en el citoplasma de las células eucariotas.
- b) Podemos considerar cuatro tipos de ARN:
- ARN mensajero (ARNm). Copia la información del ADN nuclear y la transporta hasta los ribosomas.
  - ARN ribosómico (ARNr). Se asocia a proteínas y forma los ribosomas, donde se sintetizan las proteínas.
  - ARN transferente (ARNt). Se une a aminoácidos y los transporta hasta los ribosomas para formar las proteínas.
  - ARN nucleolar (ARNn). Se encuentra asociado a proteínas, constituyendo el nucléolo.
1. a) Se espera encontrar adenina, guanina, citosina y timina.
- b) En general, el ADN es circular y bicatenario en las bacterias, por tanto, cabe esperar el mismo porcentaje entre adenina y timina, así como entre guanina y citosina, porque son bases que quedan apareadas.
- La relación cuantitativa será de uno entre la adenina y la timina y también uno entre guanina y citosina.
- c) En el caso de los virus existe mayor diversidad, puesto que el material genético puede ser ADN o ARN, monocatenario o bicatenario, circular o lineal, depende del tipo de virus.
- El material genético humano de los cromosomas está constituido por ADN lineal y bicatenario, entonces sí podríamos afirmar cuáles son sus bases y la relación cuantitativa entre ellas.
- d) Si en el ADN existía un 22% de adenina, entonces el ARN tendrá un 22% de uracilo.
- e) El orden de las bases nitrogenadas de los 333 nucleótidos determina la secuencia de aminoácidos de la proteína que codifica.
32. a) La molécula representada es el ARNt (transferente). Las zonas bicatenarias se deben a la complementariedad entre las bases de unos segmentos y los de otros. La complementariedad se establece entre el nucleótido que contiene como base la adenina de un segmento y el nucleótido que contiene el uracilo de otro, así como entre el nucleótido que contiene guanina de un segmento y el nucleótido que contiene citosina de otro.
- b) La principal función del ARNt es transportar los aminoácidos hasta los ribosomas, para que se unan y formen las proteínas.
- c) El ARNt, además de en el citoplasma, podemos encontrarlo en orgánulos como mitocondrias y cloroplastos.

Jesús G.C.  
Colegio Claret  
Segovia

- 1 ¿Cuál es el único caso en que el ADN de dos personas es idéntico?
- 2 Completa el siguiente cuadro sobre composición aproximada de ADN de diferentes especies.
- 3 ¿Qué longitud tiene un fragmento de ADN humano que presenta 600 nucleótidos?
- 4 En el proceso de extracción de un ácido nucleico se ha encontrado el trozo abajo indicado. Comenta:
  - a) ¿De qué tipo de ácido nucleico se trata?
  - b) ¿Cómo sería la estructura completa?
  - c) ¿Podría corresponder al sector del anticodón de un ARNt?
  - d) ¿Podría corresponder a uno de los brazos de un ARNt?  
 5 ... CCGACU ... 3'  
 3 ... GGUUAUCUCUCA ... 5'
- 5 En condiciones fisiológicas normales, el ADN es una molécula muy estable. ¿A qué crees que es debido?
- 6 Respecto al ADN. ¿Es constante el diámetro de la molécula en toda su longitud? Razona la respuesta.
- 7 En un dúplex de ADN ambas cadenas se encuentran unidas gracias a determinados enlaces. Explica cuáles son y cómo mantienen la estructura de la molécula.
- 8 ¿Qué diferencia existe entre un ARN mensajero y un ARN de transferencia?
- 9 El ARN de los eucariotas presenta dos tipos de fragmentos distintos. ¿Cómo se denominan dichos fragmentos? ¿Qué diferencia existe entre ellos? ¿Cómo afectan estas estructuras a la traducción del ADN?
- 10 La configuración del ADN descrita por Watson y Crick, denominada forma B, se consideró durante mucho tiempo la única. Sin embargo, actualmente se consideran otras dos formas de estructura en la doble hélice de ADN: las formas A y Z. Averigua en qué consiste la estructura de dichas formas.
- 11 ¿Cuántas moléculas de ADN hay en una célula somática de las personas? ¿Y en un espermatozoide?
- 12 ¿Qué es la renaturalización del ADN? ¿A qué temperatura aproximada se produce?
- 13 En un organismo cuyo material hereditario es ADN de doble hélice, las proporciones A + T/G + C y A + G/T + C de una de las dos hélices valen 0,5 y 0,2, respectivamente.
  - a) ¿Cuánto valdrán esas mismas proporciones en la hélice complementaria?
  - b) ¿Cuánto valdrán en la molécula completa?

Especie	Bases púricas		Bases pirimidínicas	
	A	G	C	T
<i>Homo sapiens</i>	30		20	
<i>E. coli</i>	25	26	26	
Erizo de mar			17	33
Espermatozoides de salmón		21		29

Jesús G.C.  
 Colegio Claret  
 Segovia

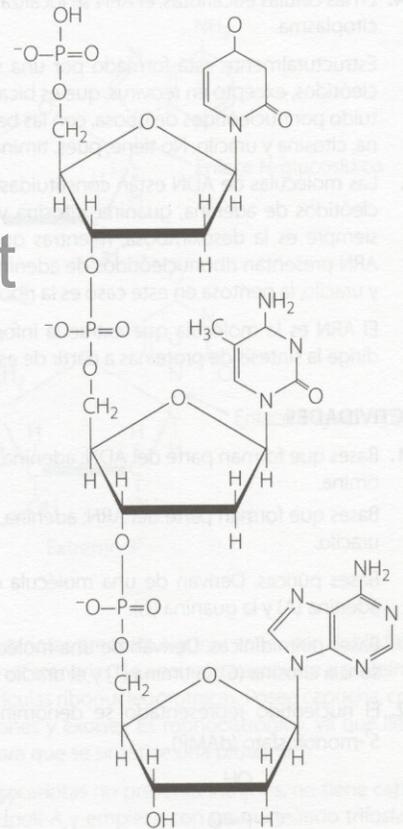


- 1 ¿En qué se diferencia el ADN de dos personas distintas?
- 2 Relaciona los tipos de moléculas de la columna de la izquierda con los moléculas de la columna de la derecha.
- 3 Un ADN bacteriano presenta un 26% de guanina. ¿Qué porcentaje presenta de las otras bases nitrogenadas?

Tipo de moléculas	Moléculas
A. ARN de vida corta	1. Virus
B. Nucleósido	2. ARNt
C. Base púrica	3. Timina
D. Molécula de unos $3,6 \cdot 10^{12}$ uma de peso molecular	4. Guanosina
E. Molécula presente a el ARN	5. CMP
F. El tipo de ARN más abundante	6. ADN
G. Proteínas asociadas al ADN	7. Guanina
H. Nucleótido	8. Histona
I. Base pirimidínica	9. Uracilo
J. Tipo de materia viva que puede tener ADN o ARN	10. ARNr

- 4 Al analizar un ácido nucleico lo primero que se sabe es que tiene ribosa, lo siguiente es que presenta un 22% de uracilo, un 24% de adenina, un 16% de guanina y un 10% de bases sin especificar. Por último, se supo que su peso molecular es aproximadamente de 26000 daltons. ¿Qué se ha podido decir progresivamente de este ácido nucleico?

- 5 Observa el siguiente segmento de un ácido nucleico e indica:
  - a) ¿Cuántos nucleótidos presenta?
  - b) ¿Qué longitud tiene?
  - c) ¿De qué tipo de ácido nucleico se trata?
  - d) ¿Dónde están el segmento 3' y el extremo 5'?
  - e) ¿Cuál es su secuencia ordenada de nucleótidos?
  - f) ¿Cuál sería la secuencia ordenada de nucleótidos de la cadena complementaria?
  - g) ¿Qué tipos de enlaces presenta y cuántos hay de cada tipo?
- 6 Indicar si las siguientes secuencias de bases nitrogenadas pertenecen a un ADN o a un ARN.
  - A) 5' ... CTCGATCC ... 3'
  - B) 5' ... UCCGAAUA ... 3'
  - C) 5' ... ATACGATTA ... 3'
  - D) 5' ... CCGCGAAC ... 3'



- 7 Indica cómo tiene lugar la desnaturalización del ADN. ¿Es reversible el proceso? Cita un agente físico y otro químico que desnaturalice el ADN.
- 8 Independientemente de la longitud y secuencia específica de un ADN de doble cadena:
  - a) ¿Qué bases nitrogenadas podríamos encontrar?
  - b) ¿Qué relaciones cuantitativas existirían entre dichas bases?
  - c) ¿Se cumplirían esas relaciones para el caso de un ADN de cadena sencilla? Razona la respuesta.

Jesús G.C.  
Colegio Claret  
Segovia

2.

Especie	Bases púricas		Bases pirimidínicas	
	A	G	C	T
<i>Homo sapiens</i>	30	20	20	30
<i>E. coli</i>	25	26	26	23
Erizo de mar	33	17	17	33
Espermatozoides de salmón	29	21	21	29

3. Si tiene 600 nucleótidos y es humano tiene 300 nucleótidos en cada cadena. Como cada nucleótido ocupa un espacio de longitud de  $3,4 \text{ \AA}$ , el total tendrá  $1020 \text{ \AA}$  de longitud ( $3,4 \cdot 300 = 1020$ ).
4. a) Se trata de un ARN, puesto que presenta como base nitrogenada uracilo, exclusiva del ARN.
- b) La estructura completa sería:  
 $5 \dots \text{CCGACUGAGAGU} \dots 3'$   
 $3 \dots \text{GGCUAUCUCUCA} \dots 5'$
- c) No puede corresponder al sector del anticodón, puesto que presenta estructura secundaria (dos segmentos espiralizados uno sobre el otro) y el anticodón está en un segmento con solo estructura primaria.
- d) Sí que podría corresponder a un brazo, puesto que una parte de los brazos presenta estructura en doble hélice.

EL ARNt presenta zonas con estructura secundaria en doble hélice, debido a la complementariedad entre las bases de unos segmentos y las de otros, y zonas con estructura monocatenaria, que forman asas o bucles, lo que confiere a la molécula una forma de hoja de trébol. En ella se distingue un brazo denominado brazo D y su asa, un brazo T y su asa, un brazo llamado brazo anticodón y su asa, y un brazo aceptor de aminoácidos. En realidad, si la molécula se observa en tres dimensiones, el ARNt presenta una estructura terciaria en forma de L.

Entre los nucleótidos que forman los ARNt, además de A, G, C y U, aparecen otras bases nitrogenadas como la dihidrouridina ( $\text{UH}_2$ ), la ribotimidina (T), la inosina (I), etc., que constituyen el 10% de los ribonucleótidos totales del ARNt.

El brazo D se denomina así porque contiene dihidrouridina; el brazo T, porque contiene ribotimidina, y el brazo anticodón, porque contiene un triplete de nucleótidos denominado anticodón, que es complementario de un triplete del ARNm que recibe el nombre de codón.

En el extremo  $5'$  de los ARNt se localiza siempre un ribonucleótido de guanina (G), y en el extremo  $3'$ , que es donde se enlaza el aminoácido, se encuentra siempre el triplete:  $5' \dots \text{C}-\text{A} \dots 3'$ .

## AMPLIACIÓN

1. Cuando son gemelos univitelinos, es decir, proceden del mismo cigoto, que se separó en dos en alguna fase del desarrollo embrionario.

5. La estabilidad que presenta la molécula de ADN se debe fundamentalmente a los numerosos enlaces de hidrógeno que se producen entre las bases nitrogenadas, así como a las interacciones hidrofóbicas entre los anillos aromáticos y los radicales  $-\text{CH}_3$  de las bases nitrogenadas.
6. Sí. El ácido desoxirribonucleico tenía una estructura fibrilar de 20 Å (2 nm) de diámetro en toda su longitud, en la que se podía distinguir una forma de 34 Å de longitud que se iba repitiendo, dentro de la cual se podía distinguir una forma más pequeña, que se repetía cada 3,4 Å. Estos datos fueron aportadas por Franklin y Wilkins entre los años 1950 y 1953 gracias a sus observaciones del ADN mediante la técnica de la difracción de rayos X.

7. Los enlaces que se producen son:

- **Enlaces de hidrógeno** entre los grupos polares de las bases complementarias que se encuentran emparejadas. Entre la adenina (A) y su base complementaria la timina (T), se establecen dos puentes de hidrógeno, y entre la citosina (C) y su base complementaria, la guanina (G), se establecen tres puentes de hidrógeno.
- **Interacciones hidrofóbicas** entre las zonas apolares de las bases nitrogenadas.
- **Interacciones de Van der Waals** entre las zonas apolares de las bases nitrogenadas.
- **Asociación con cationes  $\text{Mg}^{2+}$**  entre las cargas negativas de los grupos fosfatos de la cadena.

8. El **ARN mensajero** es monocatenario y lineal. En eucariotas presenta algunas zonas en doble hélice (estructura secundaria) debido a la complementariedad de las bases. Se forma en el núcleo celular, a partir de una secuencia de ADN. Sale del núcleo y se asocia a ribosomas, donde se construye la proteína. A cada tres nucleótidos (codón) corresponde un aminoácido distinto. Así, la secuencia de aminoácidos de la proteína está configurada a partir de la secuencia de los nucleótidos del ARNm.

En eucariotas, el ARNm es monocistrónico, es decir, porta información para la síntesis de una proteína. El ARNm se forma a partir del transcrito primario (pre-ARNm), también llamado ARN heterogéneo nuclear. Este posee una serie de segmentos con información, denominados exones, alternando con otros sin información, denominados intrones, que luego son suprimidos (mediante el proceso de maduración) y no aparecen en el ARNm. Posee además un extremo 5' con una guanosina trifosfato metilada en el nitrógeno 7, que recibe el nombre de caperuza. En el extremo 3', o extremo final, posee de 150 a 200 nucleótidos de adenina, lo que se denomina cola de poli A.

En procariotas, el ARNm no presenta intrones ni exones, carece de caperuza y de cola poli-A, además es policistrónico, es decir, porta información para la síntesis de varias proteínas.

Respecto a su función, copia la información del ADN nuclear y la transporta hasta los ribosomas.

Por el contrario, el ARN transferente o soluble es un ARN no lineal, que contiene entre 70 y 90 nucleótidos. Se encuentra en el citoplasma en forma de molécula dispersa. Se trata de un ARN monocatenario, pero en él se pueden observar tramos de doble hélice intracatenaria, es decir, entre las bases que son complementarias, dentro de la misma cadena, lo que confiere a la molécula una forma de hoja de trébol. Esta estructura se estabiliza mediante puentes de hidrógeno.

Además de los nucleótidos de adenina, guanina, citosina y uracilo, el ARN transferente presenta otros nucleótidos con bases metiladas (como dihidrouridina, ribotimidina, inopina, metilguanosina, etc.). Estos nucleótidos no pueden emparejarse, y su existencia genera puntos de apertura en la hélice, produciendo bucles.

En el ARNt se distinguen tres tramos (brazos). En uno de ellos aparece una secuencia de tres nucleótidos, denominada anticodón. Esta secuencia es complementaria con una secuencia del ARNm, el codón. En el brazo opuesto, en el extremo 3' de la cadena, se une un aminoácido específico predeterminado por la secuencia de anticodón. El extremo 3' está formado por tres bases nitrogenadas (ACC) sin aparear. En el extremo 5' hay un triplete de bases nitrogenadas en el que siempre existe guanina y un ácido fosfórico libre.

Además, el ARNt posee dos brazos denominados brazo T (por llevar timina) y brazo D (zona por donde se une el enzima que cataliza su unión con el aminoácido).

Su función consiste en llevar un aminoácido específico al ribosoma. En él se une a la secuencia complementaria del ARNm, mediante el anticodón. A la vez, transfiere el aminoácido correspondiente a la secuencia de aminoácidos que está formándose en el ribosoma.

9. El ARN (denominado premensajero) posee una serie de segmentos con información, denominados exones, alternando con otros sin información, llamados intrones, que luego son suprimidos (mediante el proceso de maduración) y no aparecen en el ARNm maduro.

En el proceso de transcripción son copiados los intrones y los exones, por lo que pasan del ADN al ARN. Posteriormente, en la fase de maduración del ARN, se eliminan dichos intrones, así en la traducción solo se leerán los intrones.

10. La forma B fue la descrita 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. La forma B es la forma más corriente en el ADN en dispersión.

La forma A también es dextrógira, pero las bases complementarias se encuentran en planos inclinados y une el eje de la molécula que atraviesa dichos planos por puntos desplazados del centro. Esta forma aparece cuando se deseca la forma A. No se ha encontrado en condiciones fisiológicas.

La forma Z es levógira, y tiene un enrollamiento irregular que provoca una configuración en zigzag, a la que hace referencia su nombre. Esta estructura aparece en regiones del ADN donde se alternan muchas citosinas y guaninas. Se piensa que la forma Z constituye señales para las proteínas reguladoras de la expresión el mensaje genético.

11. En una célula somática de las personas hay 46 moléculas de ADN (o 46 moléculas de cromatina) y en un espermatozoide hay la mitad; es decir, 23 moléculas de ADN (o 23 moléculas de cromatina).

12. Es la nueva unión de los dos filamentos complementarios de un ADN de doble hélice, que previamente se han separado. Si la desnaturalización se ha provocado por el calentamiento del medio, la renaturalización se inicia cuando se enfría por debajo de los 65 °C.

13. a) Las proporciones de las bases nitrogenadas en un ADN de doble hélice son las siguientes:  $A = T$  y  $G = C$ . Por tanto,  $A + G/T + C = 1$ .

Es decir, la adenina (A) de una hélice empareja con la timina (T) de la complementaria y viceversa, y la guanina (G) de una hélice empareja con la citosina (C) de la complementaria y al contrario.

Si la proporción  $A + T/G + C$  de una hélice es 0,5; esa misma proporción en la complementaria se obtiene de la siguiente forma:

Si una hélice posee una A en la complementaria hay T. Si una hélice tiene una T la complementaria posee una A. Cuando hay una G en la complementaria existe una C y, por último, si una hélice tiene una C, la complementaria posee una G. Por tanto, la proporción  $A + T/G + C$  de una hélice es igual que la proporción  $T + A/C + G$  de la complementaria. Como se puede ver, ambas proporciones son iguales, por consiguiente, la proporción  $A + T/G + C$  de la hélice complementaria también valdrá 0,5.

Si la proporción  $A + G/T + C$  de una hélice es 0,2; esa misma proporción en la complementaria se obtiene de la siguiente manera:

Si una hélice posee una A en la complementaria hay T. Si una hélice tiene una G la complementaria posee una C. Cuando hay una T, en la complementaria existe una A y, por último, si una hélice tiene una C, la complementaria posee una G. Por tanto, la proporción  $A + G/T + C$  de una hélice es igual que la proporción  $T + C/A + G$  de la complementaria. Como se puede ver, esta proporción es justo la inversa de la solicitada. Por consiguiente, la proporción  $A + G/T + C$  de la hélice complementaria también valdrá 1/0,2.

- b) Si la proporción  $A + T/G + C$  de una hélice es 0,5; esa misma proporción en la molécula completa se obtiene de la siguiente forma:

La proporción  $A + T/G + C$  es igual en ambas hélices, siendo su valor en este caso 0,5. Por tanto, también será igual en la molécula completa, es decir, valdrá 0,5.

Si la proporción  $A + G/T + C$  de una hélice es 0,2; esa misma proporción en la molécula completa se obtiene de la siguiente manera:

Como hemos indicado al principio, en un ADN de doble hélice la proporción de A es igual a la de T y la proporción de G es igual a la de C, debido a las reglas de emparejamiento de las bases nitrogenadas. Por tanto, la proporción  $A + G/T + C$  valdrá 1.

## REFUERZO

1. En el orden o secuencia de nucleótidos a lo largo de la cadena de ADN.
2. A-2, B-4, C-7, D-6, E-9, F-10, G-8, H-5, I-3, y J-1.
3. Como hay tantas de G que de C, presentará un 26% de C. Del resto presentará un 48% ( $100 - 26 - 26 = 48$ ). Como hay tantas de T que de A, presentará 24% de T y 24% de A.

4. Primero, que se trata de un ARN, puesto que presenta ribosa. Segundo, que presenta una sola cadena; es decir, que es monocatenario, puesto que no hay la misma cantidad de las bases complementarias. Por último, que se trata de un ARNt, puesto que su peso molecular es muy bajo.

5. a) Presenta tres nucleótidos.
  - b) Tiene una longitud de  $3,4 \cdot 3 = 10,2 \text{ \AA}$ .
  - c) Se trata de un ADN porque tiene desoxirribosa.
  - d) El extremo 5' es el superior y el inferior es el 3'.
  - e) Su secuencia ordenada de nucleótidos es:  
5' ... T - C - A ... 3'
  - f) 5' ... T - G - A ... 3'
  - g) Hay cinco enlaces fosfoestéricos entre el nucleótido y su ácido fosfórico, y tres enlaces N-glucosídicos entre la pentosa y su base nitrogenada.
6. A) es un ADN, puesto que presenta timina (T); B) es un ARN puesto que presenta uracilo (U); C) es un ADN, puesto que presenta timina (T), y de D) no se puede decir si es ADN o ARN, puesto que no presenta ni T ni U.

7. La desnaturalización del ADN supone la separación de las dos hebras de la doble hélice, con lo que se pierde la estructura secundaria. El proceso es reversible si cesan las condiciones que provocan la desnaturalización.

Agente físico que puede causar desnaturalización: aumento de temperatura (por encima de los  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Agente químico que causa desnaturalización: variación del pH (se incrementa por encima de 13).

8. a) Bases púricas: adenina y guanina.  
Bases pirimidínicas: citosina y timina.
  - b) El ADN (ácido desoxirribonucleico) está formado por dos cadenas lineales de desoxirribonucleótidos dispuestos en doble hélice, alrededor de un eje imaginario. Las dos cadenas de polinucleótidos son antiparalelas; es decir, con los enlaces 5' → 3' orientados en sentido opuesto, y son complementarias. Siempre que en una cadena hay adenina en la complementaria habrá timina, unidas por dos enlaces de hidrógeno; y siempre que en una cadena haya guanina en la otra habrá citosina, unidas por tres enlaces de hidrógeno. Por tanto, la cantidad de adenina será igual a la de timina y la de guanina igual a la de citosina. Por tanto, la cantidad de bases púricas (A + G) será igual a la cantidad de bases pirimidínicas (C + T).
  - c) En el caso de ADN de cadena sencilla no tiene por qué cumplirse la complementariedad de bases, ya que no existe emparejamiento entre bases complementarias.