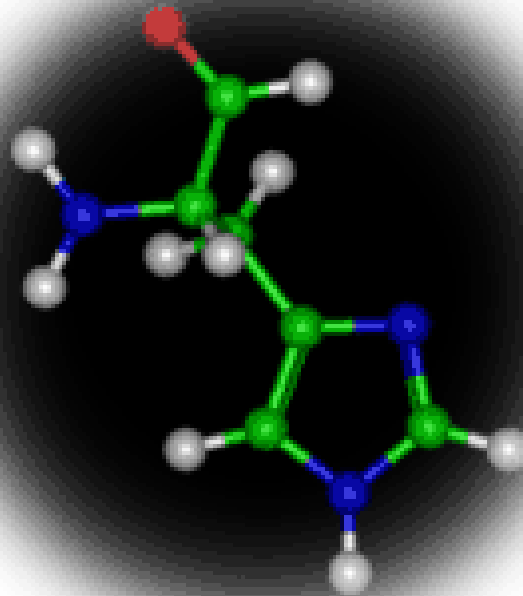


# TEMA 6: ÀCIDS NUCLEICS



# Què estudiarem?

1. Els components dels àcids nucleics
2. L'àcid desoxiribonucleic (DNA)
3. L'àcid ribonucleic (RNA)
4. Funcions dels àcids nucleics
5. Importància del DNA i del RNA

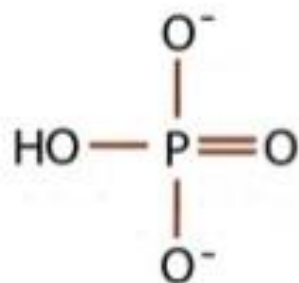
# 1. Components dels àcids nucleics

- Els àcids nucleics són macromolècules de caràcter àcid
- Són polímers formats per la unió de nucleòtids
- Es troben a l'interior del nucli de les cèl·lules eucariotes

# 1.1. Els nucleòtids

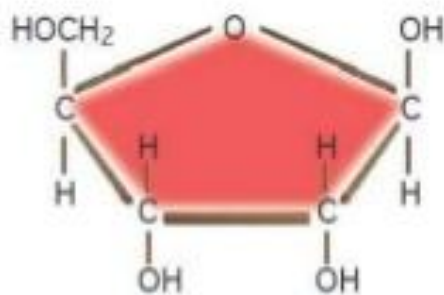
- Unitats que és repeteixen al llarg d'una cadena
- Formats per:
  - Un àcid fosfòric (ió fosfat):  $\text{H}_3\text{PO}_4$
  - Un glúcid en forma de pentosa:
    - Ribosa → (RNA)
    - 2-desoxiribosa → (DNA)
  - Una base nitrogenada:
    - Púrica → Adenina (A) i Guarina (G)
    - Pirimidínica → Citosina (C), Timina (T) i Uracil (U)

## Àcid fosfòric

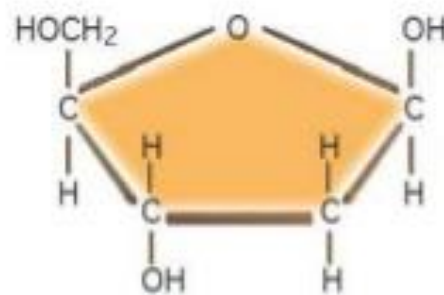


ió fosfat

## Pentoses



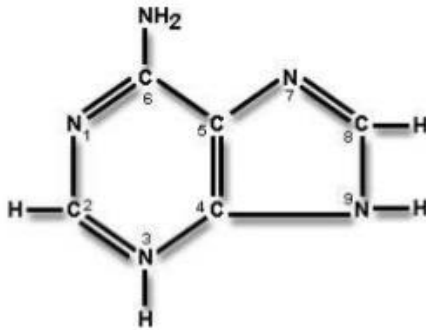
ribosa



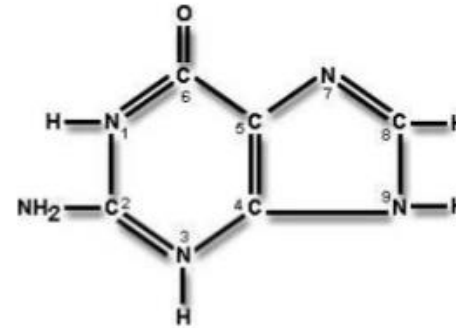
desoxirribosa

## Bases púricas

Adenina

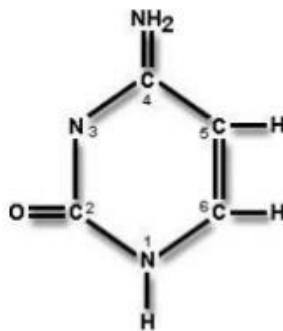


Guanina

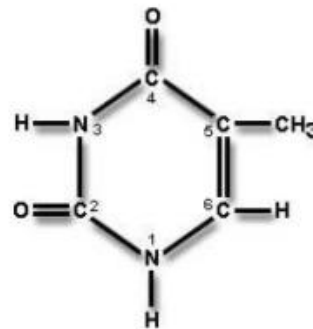


## Bases pirimídiques

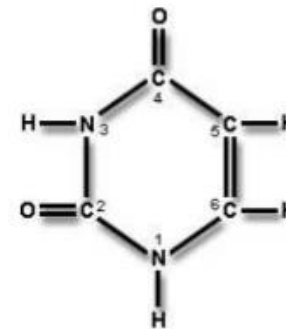
Citosina



Timina (DNA)



Uracil (RNA)



## Nucleòsid

base nitrogenada + pentosa

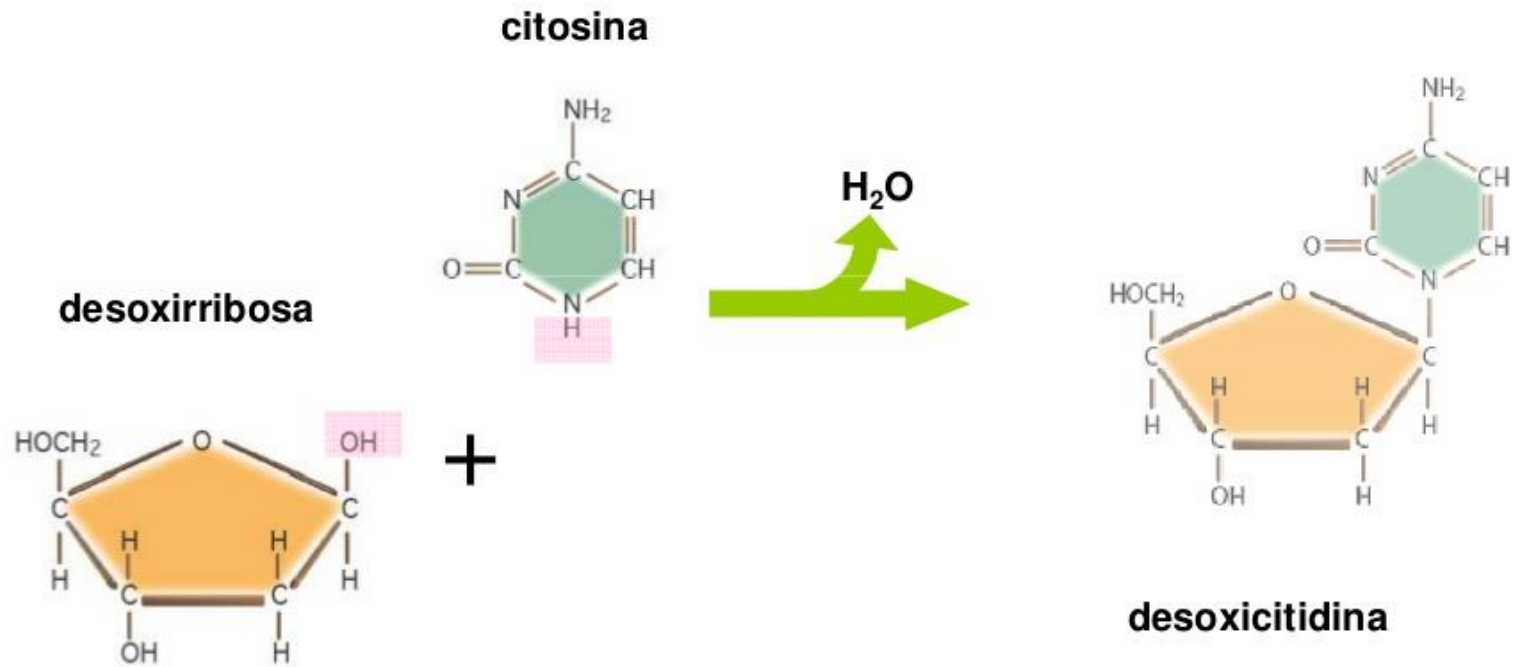
- Enllaç N-glucosídic entre:
  - C1 de la pentosa
  - N1 de la primidínica o N9 de la púrica

## Nucleòtid

nucleòsid + àcid fosfòric

- Enllaç èster fosfòric entre:
  - Grup carboxil del carboni 5 de la pentosa
  - Àcid fosfòric

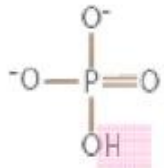
# Nucleòsid



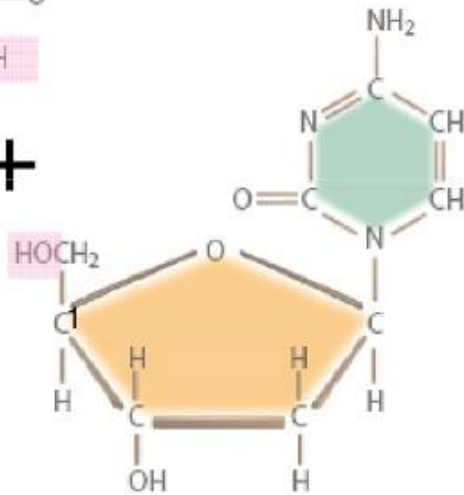


# Nucleòtid

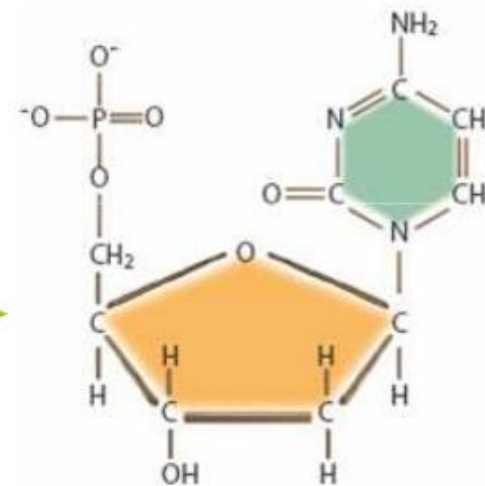
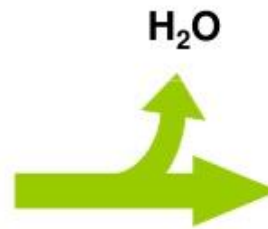
àcid fosfòric



+



nucleòsid



desoxicitidina-5'-monofosfat

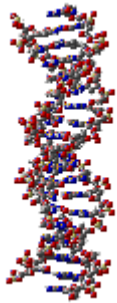
# Els vuit nucleòtids

Elements que formen el DNA		
Bases	Nucleòsids de DNA	Nucleòtids de DNA
Adenina	Desoxiadenosina	Desoxiadenosina 5'-monofosfat (dAMP)
Guanina	Desoxiguanosina	Desoxiguanosina 5'-monofosfat (dGMP)
Citosina	Desoxicitidina	Desoxicitidina 5'-monofosfat (dCMP)
Timina	Desoxitimidina	Desoxitimidina 5'-monofosfat (dTMP)

Elements que formen l'RNA		
Bases	Nucleòsids d'RNA	Nucleòtids d'RNA
Adenina	Adenosina	Adenosina 5'-monofosfat (AMP)
Guanina	Guanosina	Guanosina 5'-monofosfat (GMP)
Citosina	Citidina	Citidina 5'-monofosfat (CMP)
Uracil	Uridina	Uridina 5'-monofosfat (UMP)

# ÀCIDS NUCLEICS

## Nivells d'organització



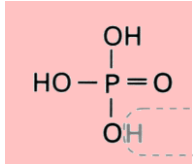
NUCLEOPROTEÍNAS

ÀCIDOS NUCLEICS

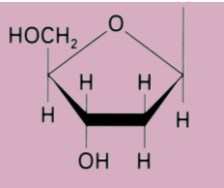
PROTEÍNAS BÁSICAS  
(Protamines e histonas)

MONONUCLEÓTIDS

NUCLEÓSIDS

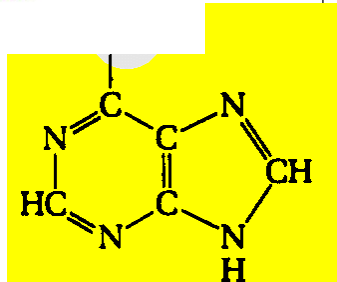
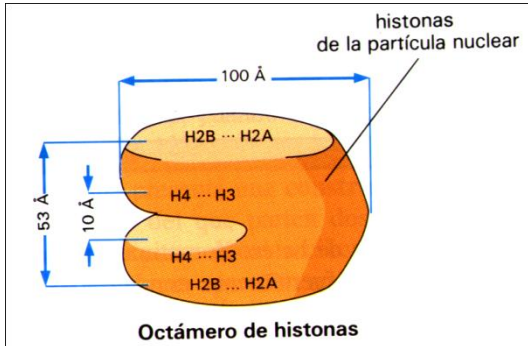


ÀCIDO FOSFÒRIC



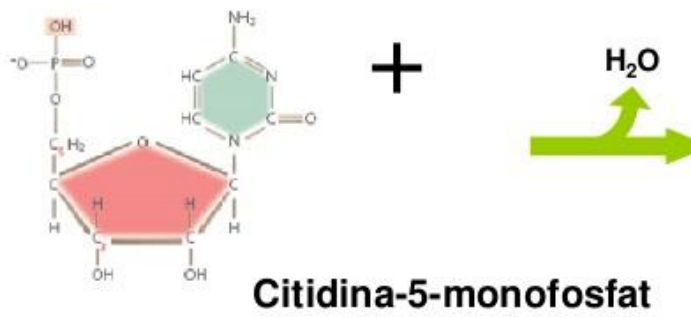
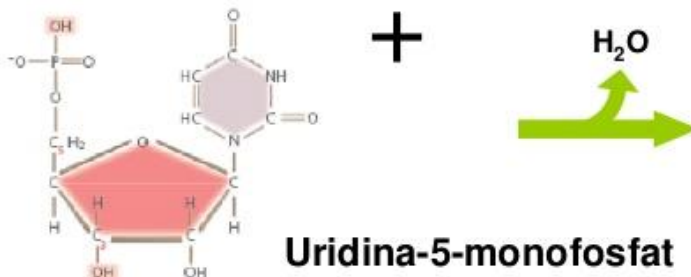
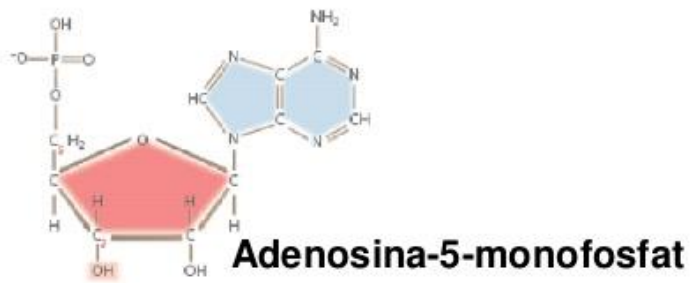
PENTOSAS  
(Ribosa o desoxirribosa)

BASES NITROGENADAS  
(Púricas o pirimidínicas)

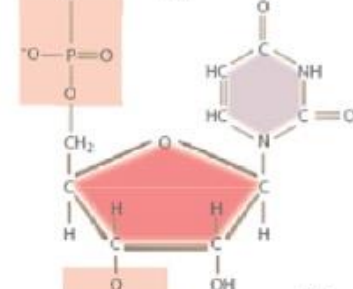
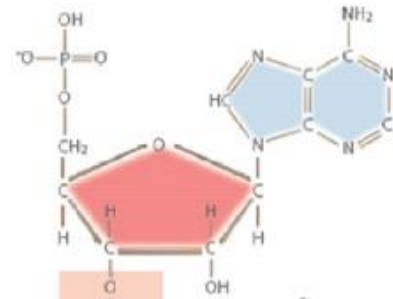


## 1.2. Cadenes d'àcids nucleics

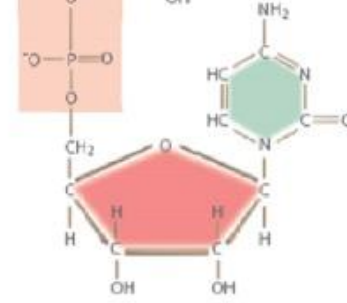
- 2 extrems
  - Extrem 5: fosfat al C5 del primer nucleòtid
  - Extrem 3: radical hidroxil C3 de l'últim nucleòtid
- Unió de nucleòtids amb **enllaç fosfodièster** → enzims afegeixen nucleòtids a l'extrem 3



**Extrem 5**



**ARN de tres nucleòtids A-U-C**



**Extrem 3**

# ÀCIDS NUCLEICS: unió de nucleòtids. Enllaç nucleotídic.

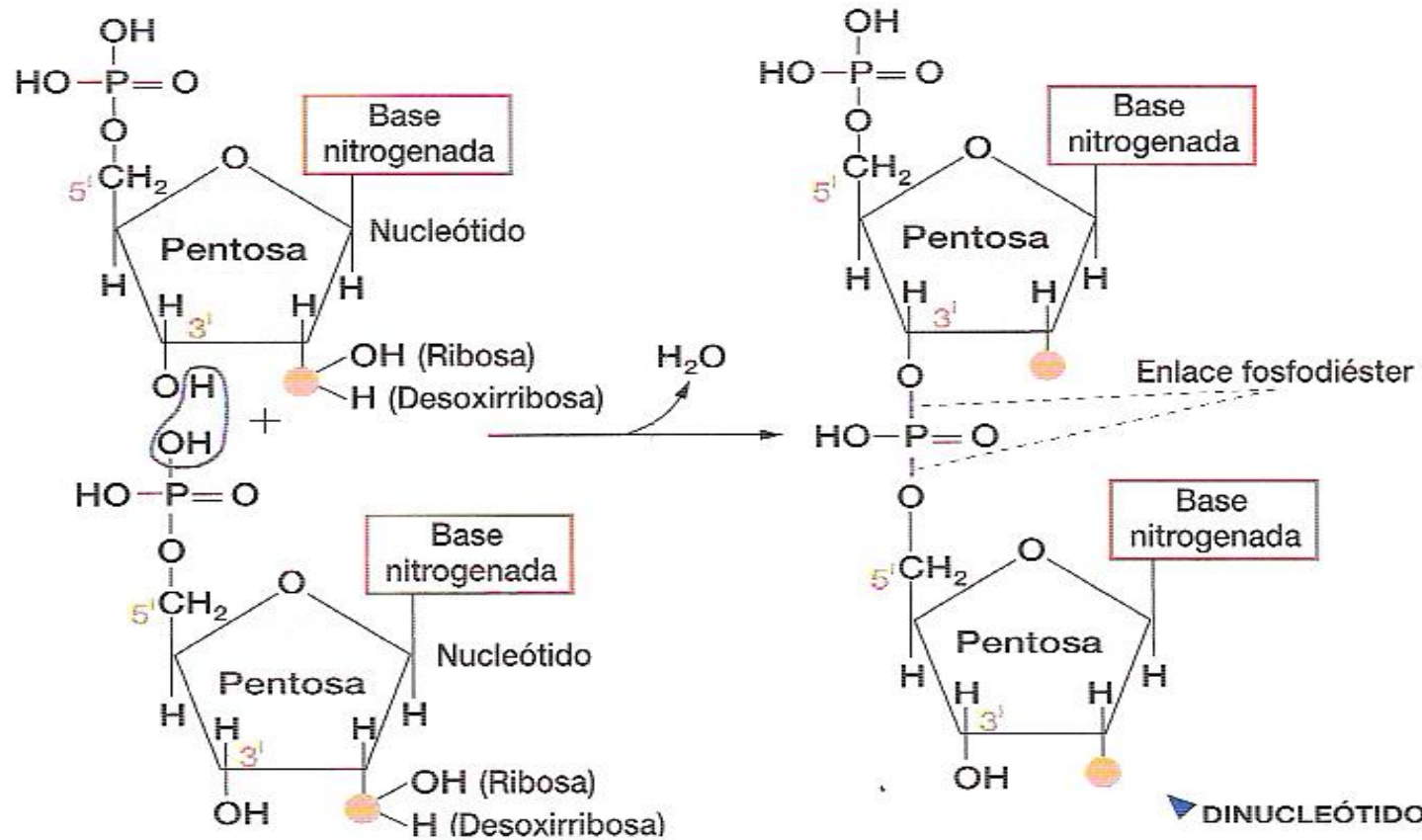
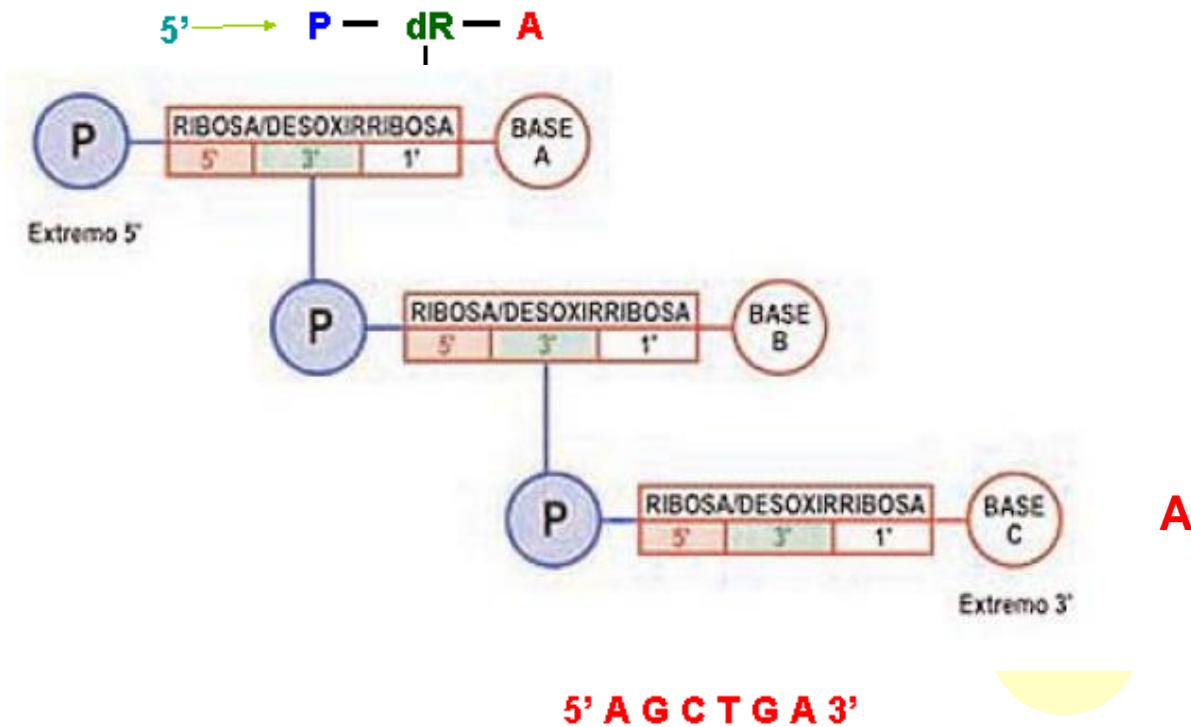


Figura 9.5



# ÀCIDS NUCLEICS: unió de nucleòtids



És la seqüència de bases la que proporciona l'especificitat a una cadena polinucleotídica

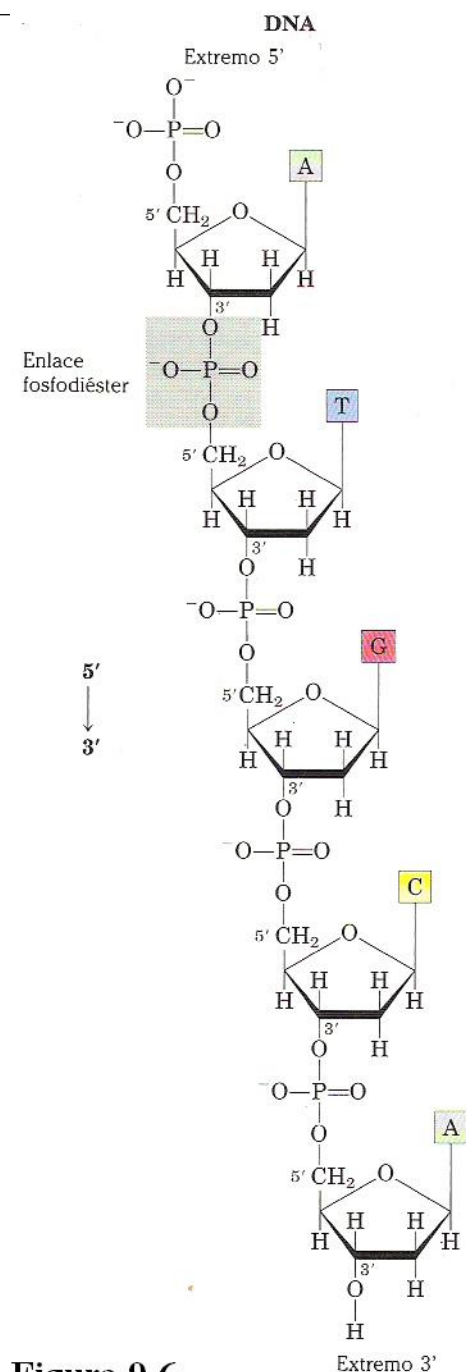


Figura 9.6

## 2. L'àcid desoxiribonucleic (DNA)

- 2 cadenes antiparal·leles complementàries de nucleòtids formant hèlix doble
- Cada cadena formada per desoxiribonucleòtids de guanina, citosina, timina i adenina
- Massa molecular molt elevada
- Als humans hi ha  $5,6 \times 10^9$  parelles de nucleòtids



# On el trobem?

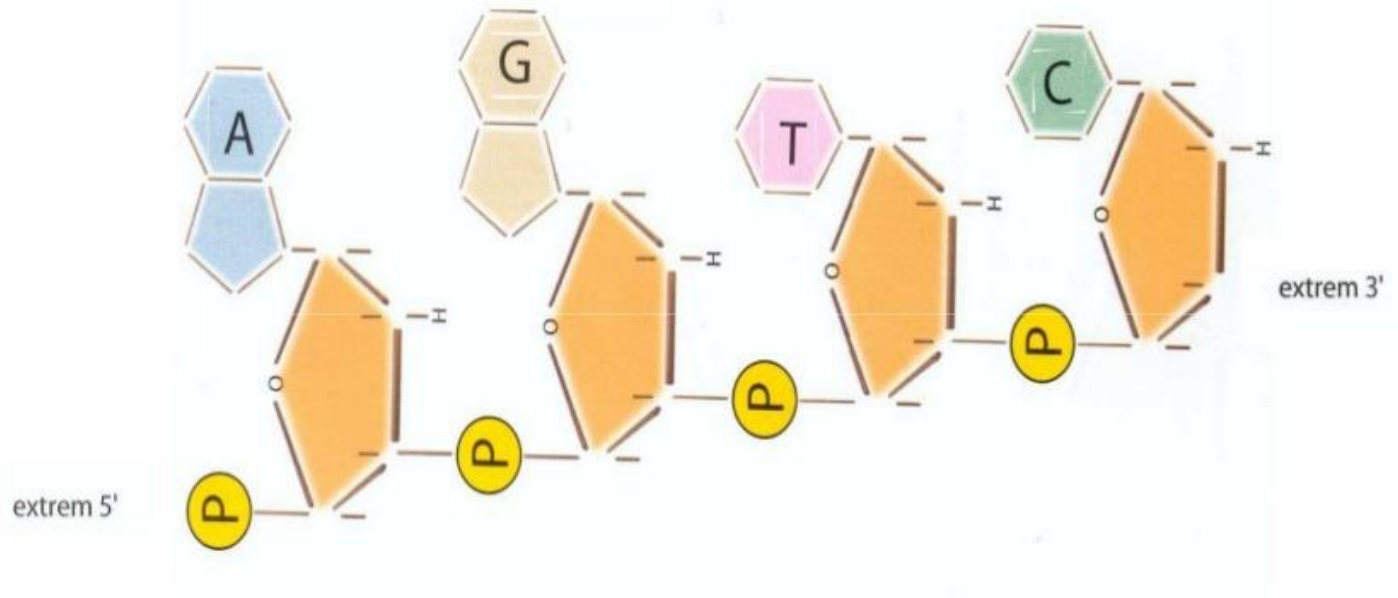
- Cèl·lules eucariotes:
  - Al nucli, amb histones i altres (forma la cromatina)
  - Als mitocondris i cloroplastos (circular)
- Cèl·lules procariotes:
  - Associat amb proteïnes diverses (forma el nucleoide)
- Virus amb ADN:
  - També el tenen més o menys empaquetat

- 3 nivells estructurals:
  - **Estructura primària** → seqüència de nucleòtids
  - **Estructura secundària** → doble hèlix
  - **Estructura terciària** → DNA superenrotllat
- Després de l'estructura terciària es produeix la superespiralització → es formen els cromosomes quan s'inicia la mitosi

## 2.1. Estructura primària del DNA

- Seqüència de nucleòtids d'una sola cadena
- Un filament simple (o un poc doblegat)
- Format per:
  - Polidesoxiriboses-fosfat
  - Bases nitrogenades
- Nombre molt elevat de cadenes
- La seqüència de les bases nitrogenades estructura la informació genètica
- Es comença per l'extrem 5'

## Estructura primària del DNA



# Coneixements previs per arribar a l'estructura secundària de l'ADN

- **Complementarietat de bases: regles de Chargaff.**

En 1950 va observar que hi havia la mateixa quantitat de bases púriques que pirimidíniques en les molècules d'ADN. A més a més el nombre d'A era igual al de T i el de G al de C.

## COMPLEMENTARIEDAD DE BASES

### REGLAS DE CHARGAFF

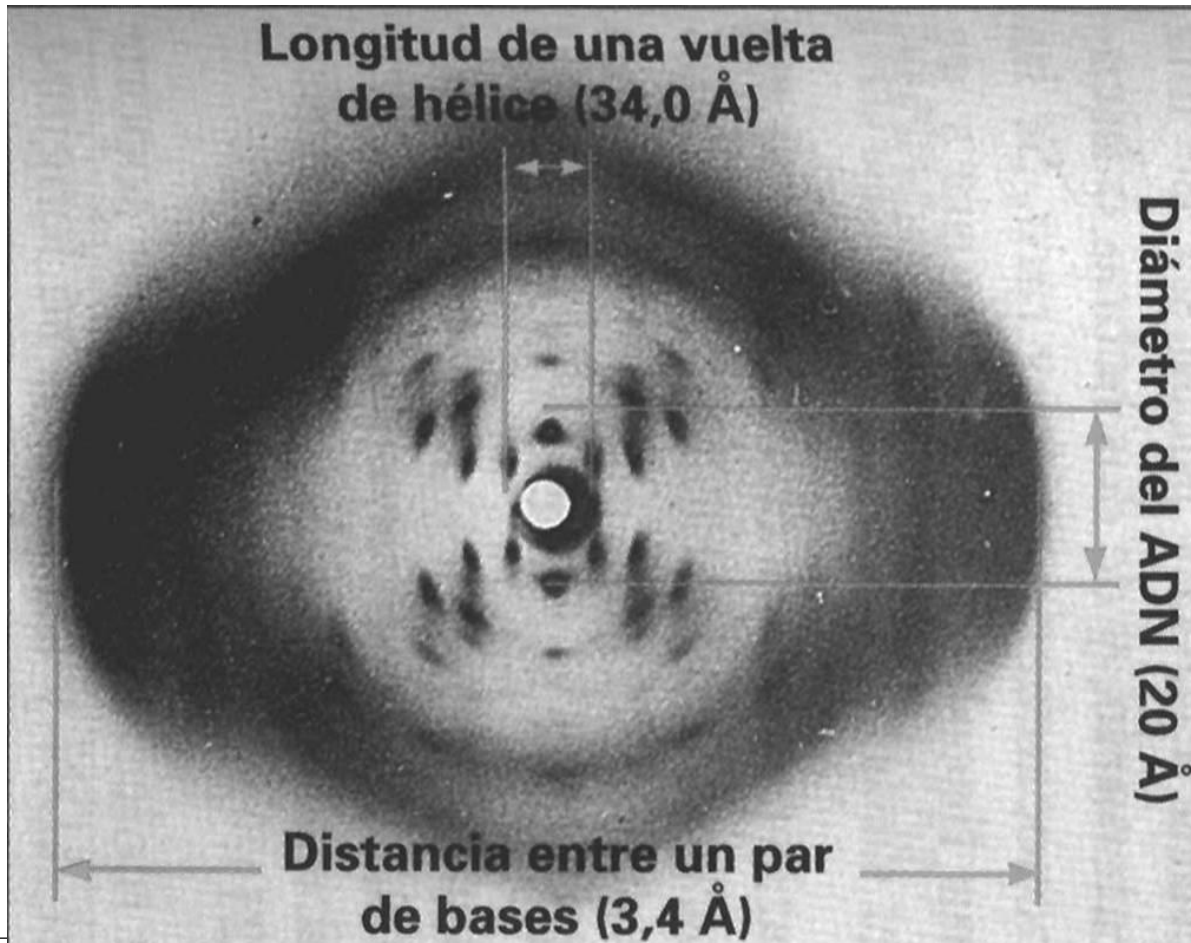
- **A = T**      **C = G**
- **A/T = G/C = 1**
- **PURINAS (A+G) = PIRIMIDINAS (C+T)**

## Coneixements previs per arribar a l'estructura secundària de l'ADN



Rosalind Franklin  
(1920-1958)

Dedueix que té una estructura helicoidal.





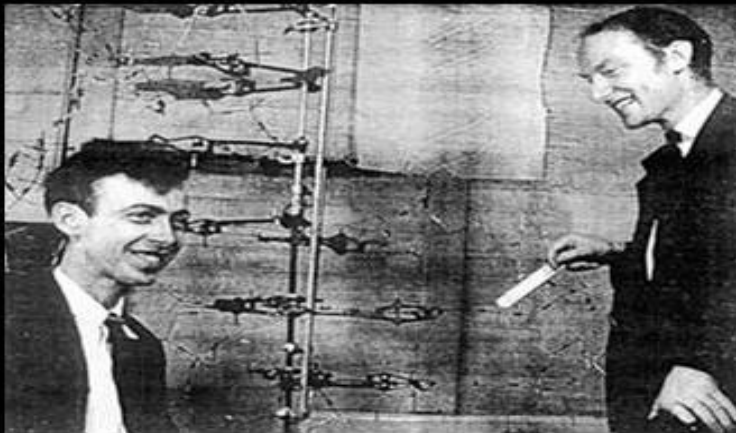
# Estructura secundària: la doble hèlix, l'espiral de la vida

**James Watson** -nacido en Chicago, Illinois, el 6 de abril de 1928, poseedor de un doctorado en Zoología-, y **Francis Crick** - doctor en física, de nacionalidad británica, nacido en Northampton, Inglaterra en 1916 – trabajando juntos en un laboratorio de la Universidad de Cambridge, Inglaterra, en 1951, descubrieron la estructura secundaria del ADN. Por ello recibieron el premio Nobel de medicina en 1962.

J. Watson



F. Crick

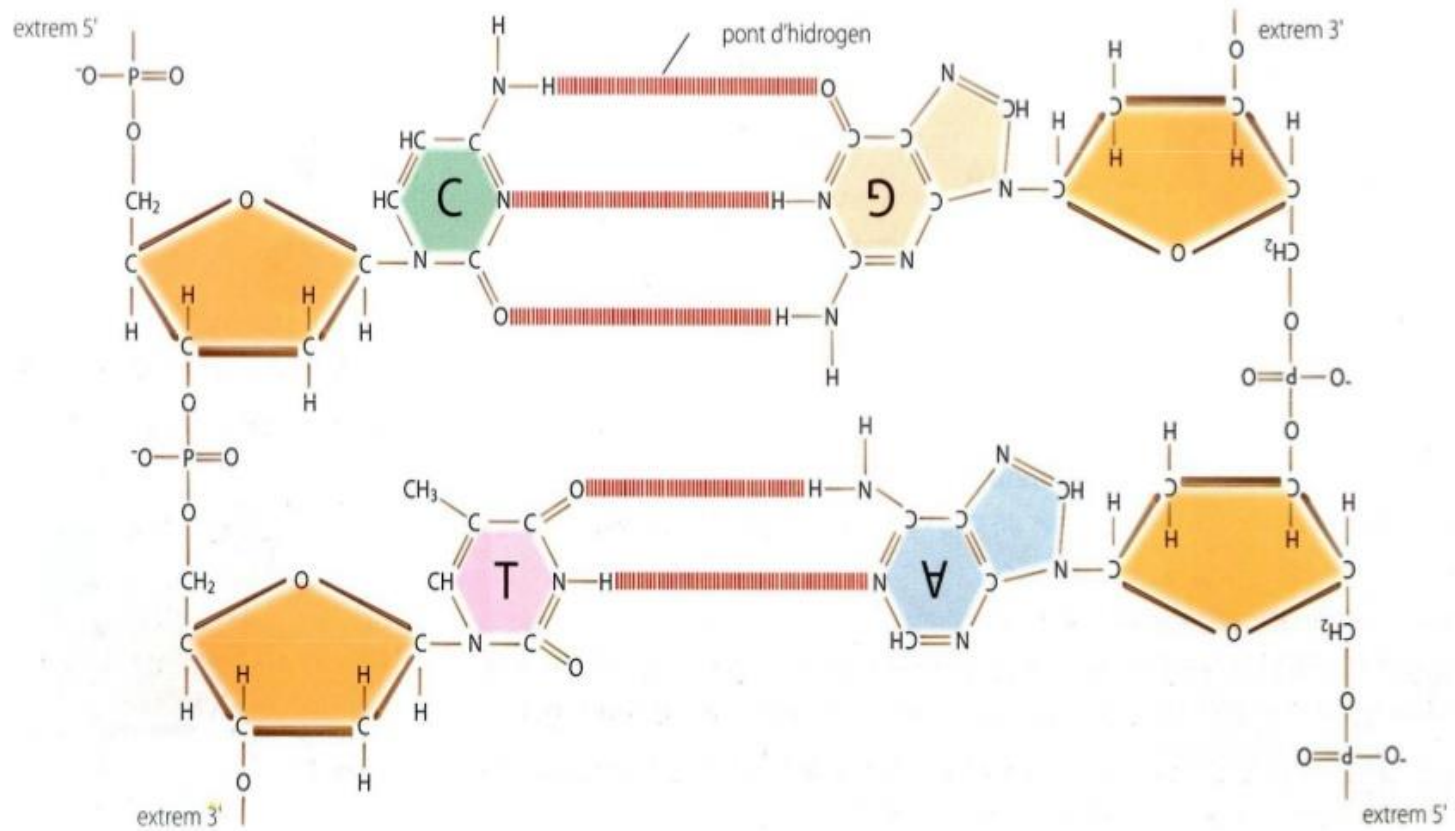


## 2.2. Estructura secundària del DNA

- Disposició a l'espai de 2 cadenes de polinucleòtids formant hèlix doble
- Bases nitrogenades estan enfrontades i unides mitjançant enllaços d'hidrogen entre grups (  $-NH_2$ ,  $-CO$  i  $-NH$  )
- Els ponts d'hidrogen donen més densitat i viscositat al DNA
- Bases enfrontades (igualtats de Chargaff):
  - Adenina i Timina: A-T
  - Citosina i Guanina: C-G
- Estructura fibril·lar de 20 Amstrongs de diàmetre  
→ a cada volta hi ha 10 parells de nucleòtids

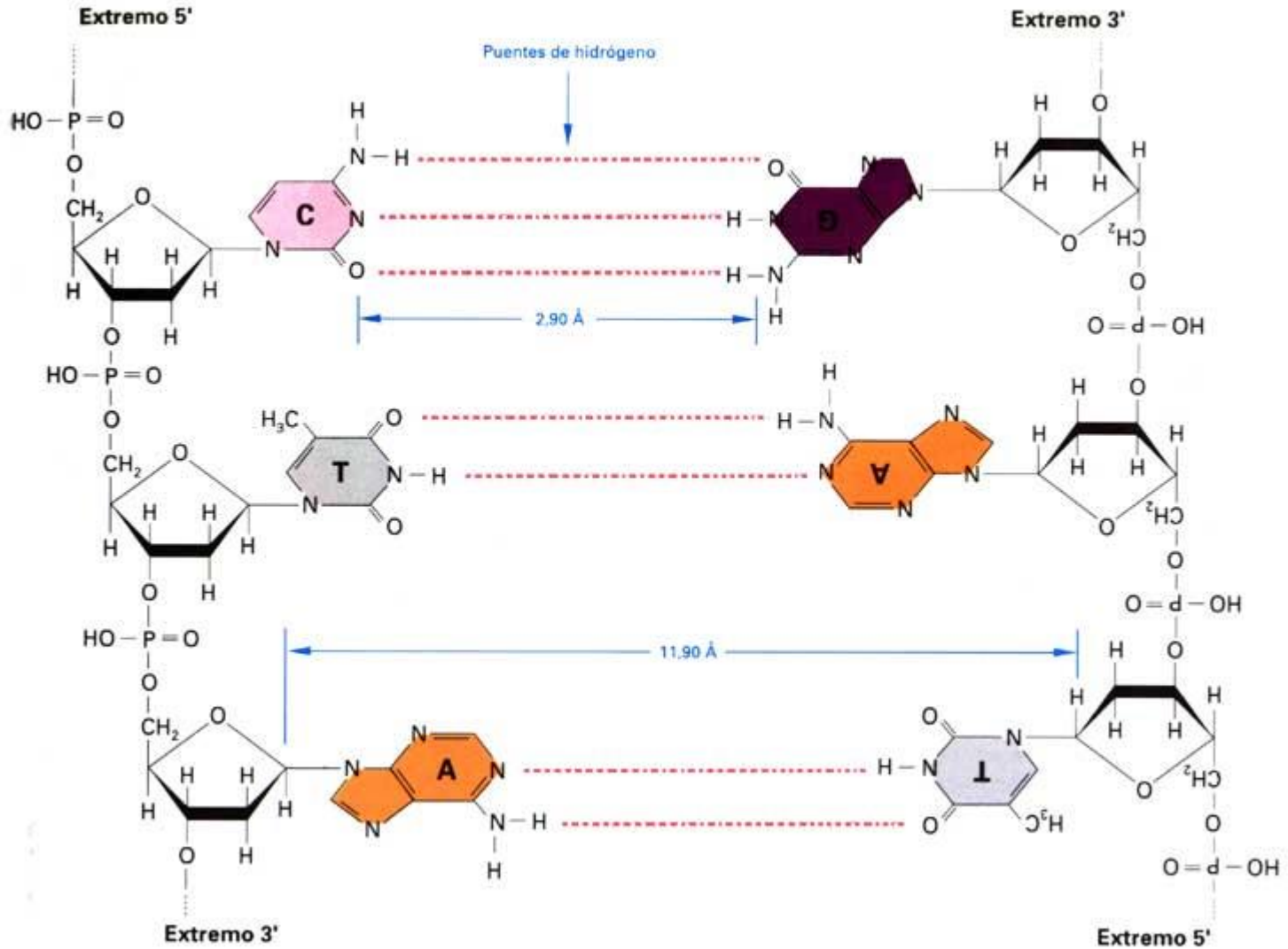


## Disposició dels ponts d'hidrogen entre bases complementàries

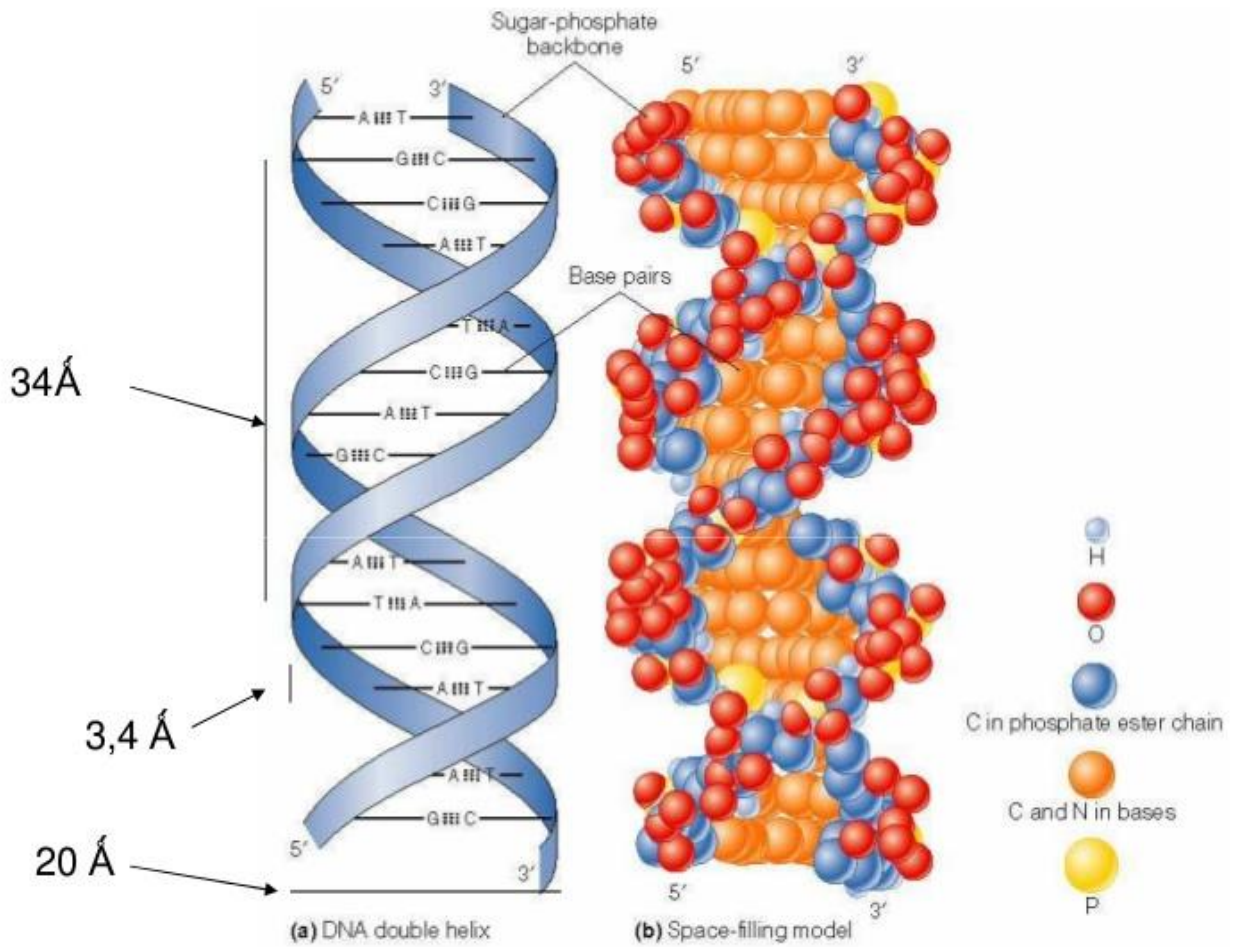


**A = T**

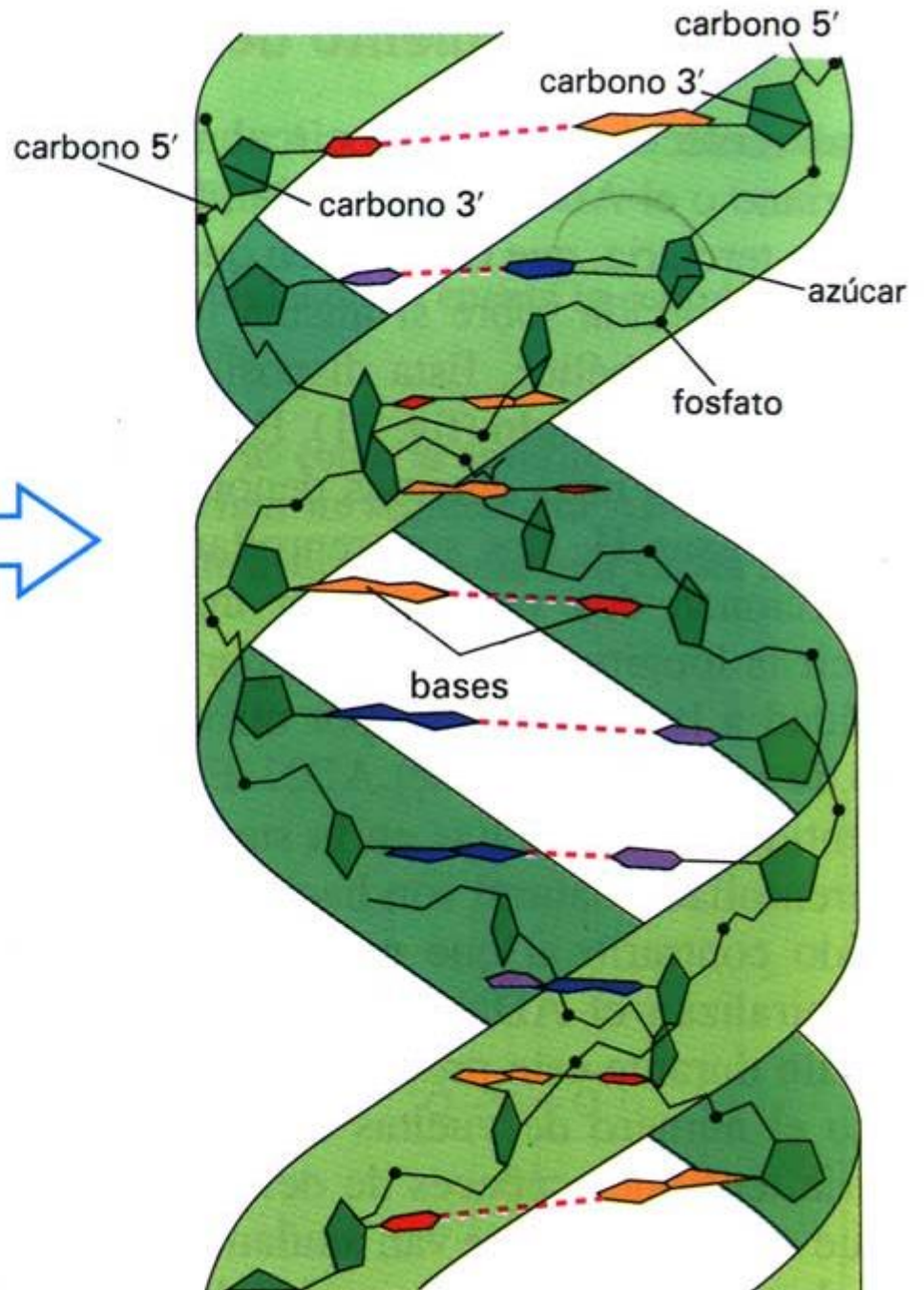
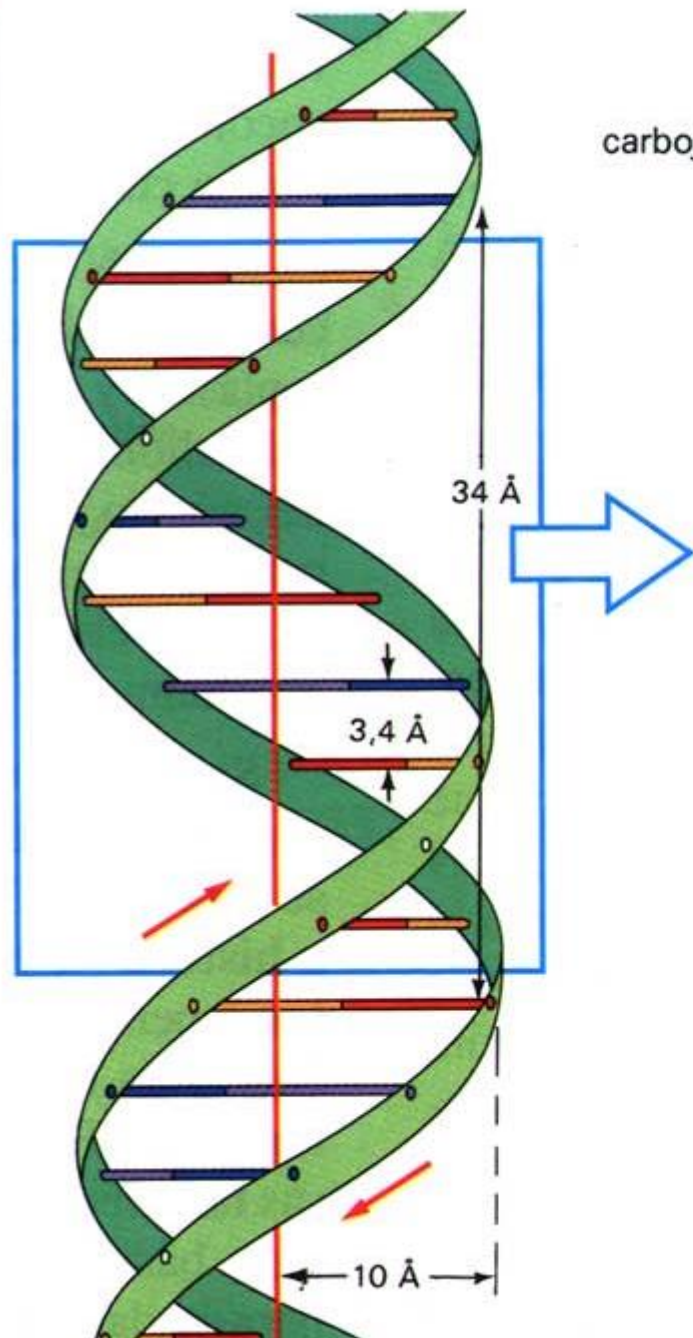
**C ≡ G**



**5'P- Ap Up C -3' OH**



Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. publishing as Benjamin Cummings



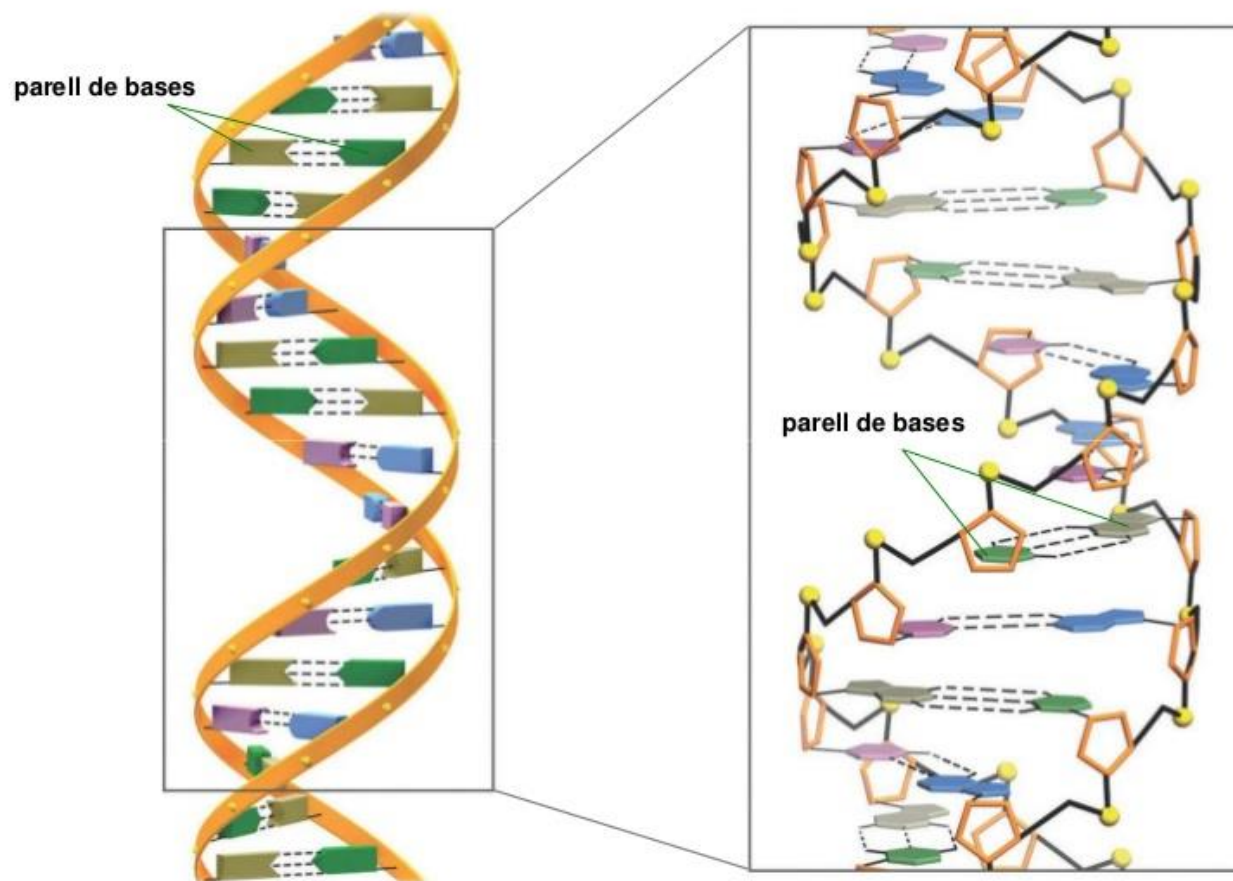


## 2.2.1. Model doble hèlix DNA

- 2 cadenes enrotllades al voltant d'un eix imaginari
- Gran estabilitat:
  - Ponts d'hidrogen entre les bases
  - Grups hidròfobs ( $-\text{CH}_3$  i  $-\text{CH}$ ) de les bases disposats a l'interior
- Caràcter àcid:
  - Pentoses i grups fosfat a l'exterior
  - Ionització dels grups fosfat
- Antiparal·leles:
  - Extrem 5 i extrem 3 en sentit contrari

- Complementàries:
  - Seqüències diferents
  - Adenina i Timina: A-T
  - Citosina i Guanina: C-G
- Enrotllament:
  - Dextrogir
  - Plectonímic (una gira respecte a l'altra, com una trena)
- Desnaturalització (trencament ponts hidrogen):
  - Se separen les cadenes si la fibra s'escalfa fins a 100°C
- Renaturalització:
  - S'ajunten les cadenes si la fibra es refreda a menys de 65°C
- La desnaturalització i la renaturalització permet la hibridació

## Estructura de la doble hèlix del DNA



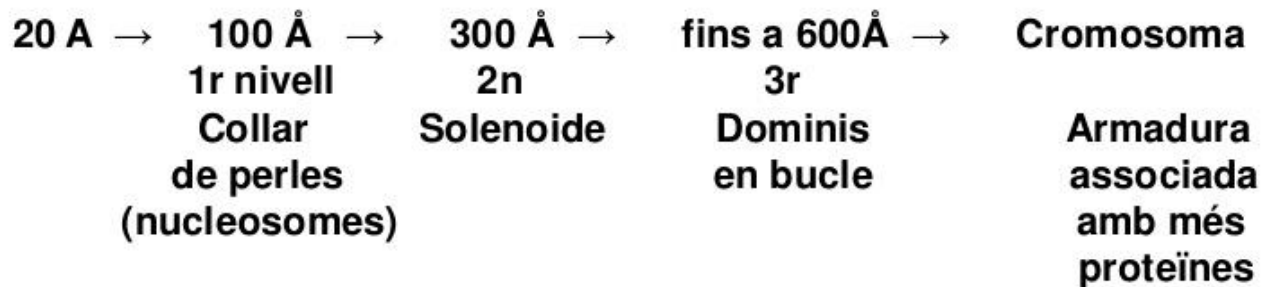
## 2.3. Estructura terciària del DNA

- Pròpia del DNA circular (Bacteris, mitocondris i cloroplasts )
- Superhèlix o DNA superenrotllat
- Una de les cadenes fa més voltes a la dreta que l'altra → augmenta la tensió
- Quan es duplica el DNA les voltes es desfan i disminueix la tensió



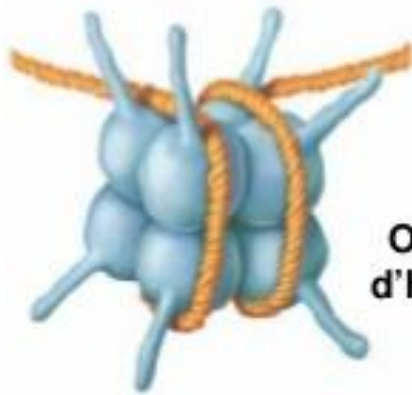
## 2.4. Nivells d'empaquetament

- **Empaquetament:** quan el DNA s'associa amb proteïnes, que el condensen en menys espai
- Les proteïnes són diverses, generalment
  - Histones
  - Protamines (als spz)
- A les eucariotes, els nivells d'empaquetament són els següents:
  - Primer nivell o collar de perles → fibra de cromatina de 100Å
  - Segon nivell o solenoide → fibra de cromatina de 300Å
  - Tercer nivell o dominis de bucle → fins 600Å
  - Nivells superiors d'empaquetament



# Primer nivell o collar de perles

- Fibra de 20 Å associada a histones → **nucleosoma**
- Nucleosoma:
  - Octàmer d'histones (8 histones: dues de H2A, dues de H2B, dues de H3 i dues de H4)
  - Fibra de DNA de 200 parells de bases



Octàmer  
d'histones



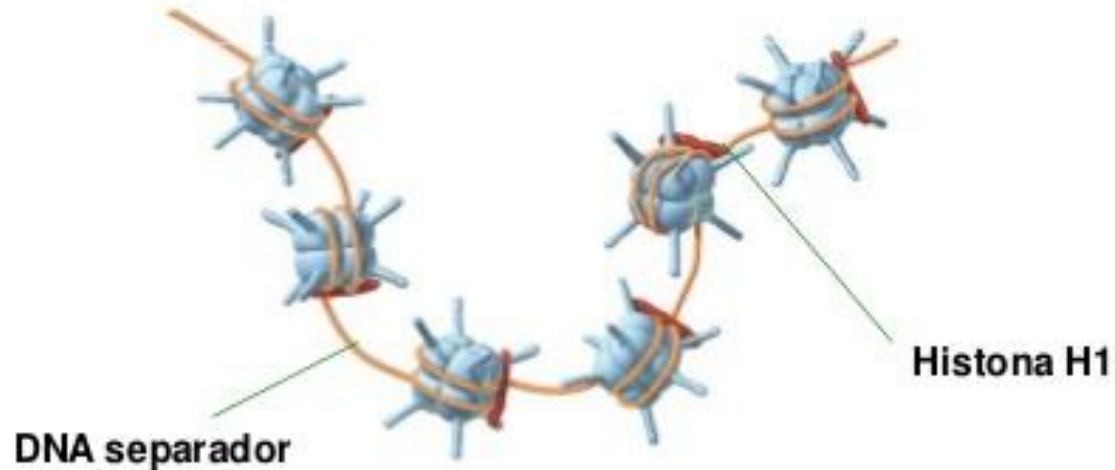
Doble hèlix  
de DNA

- Fibra de cromatina de 100 Amstrongs

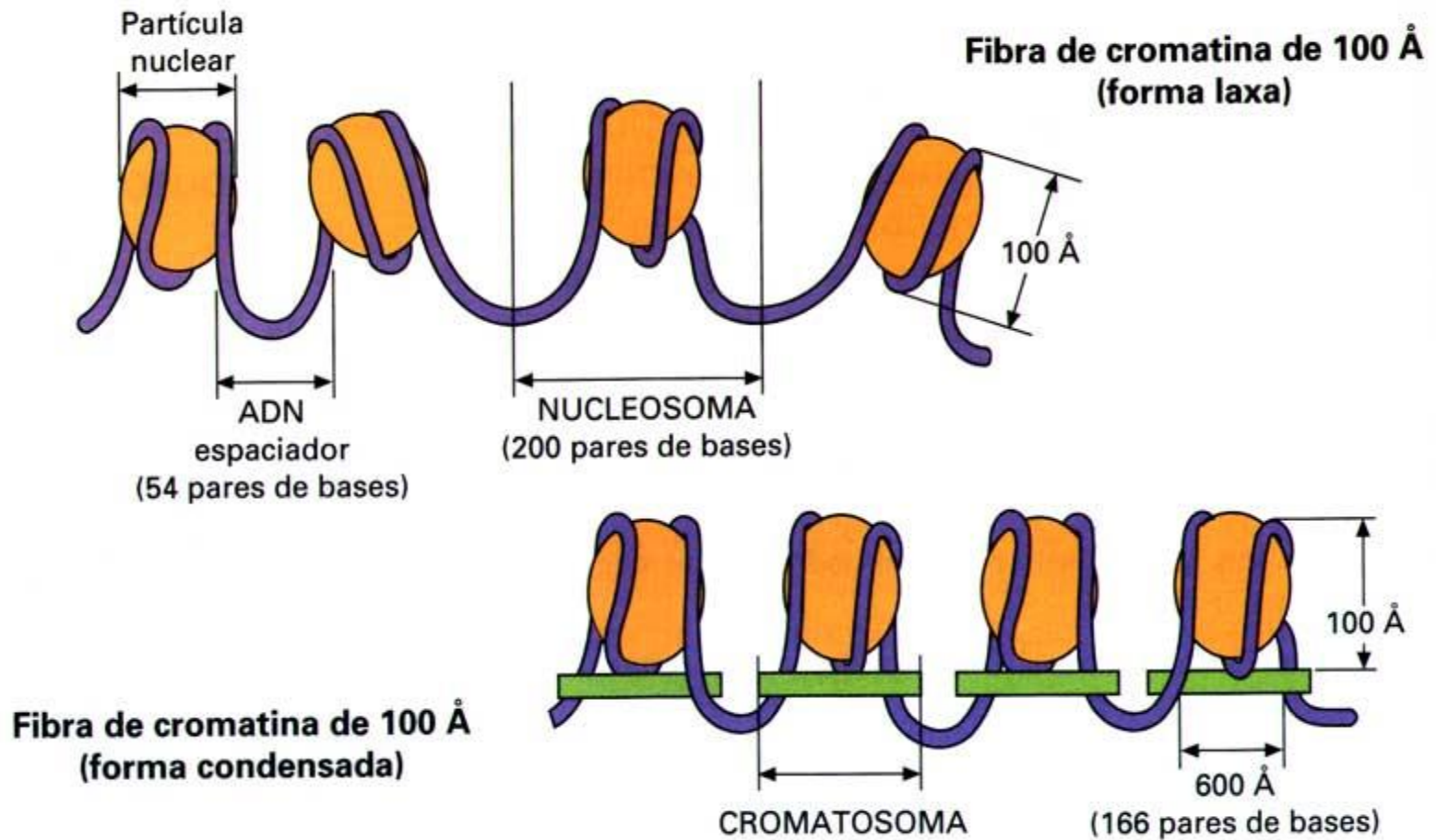


Octámero de histonas

- Entre nucleosoma i nucleosoma hi ha DNA separador
- Si el nucleosoma s'associa a una histona (H1) la fibra es condensa → s'anomena **filament nucleosòmic o nucleofilament**



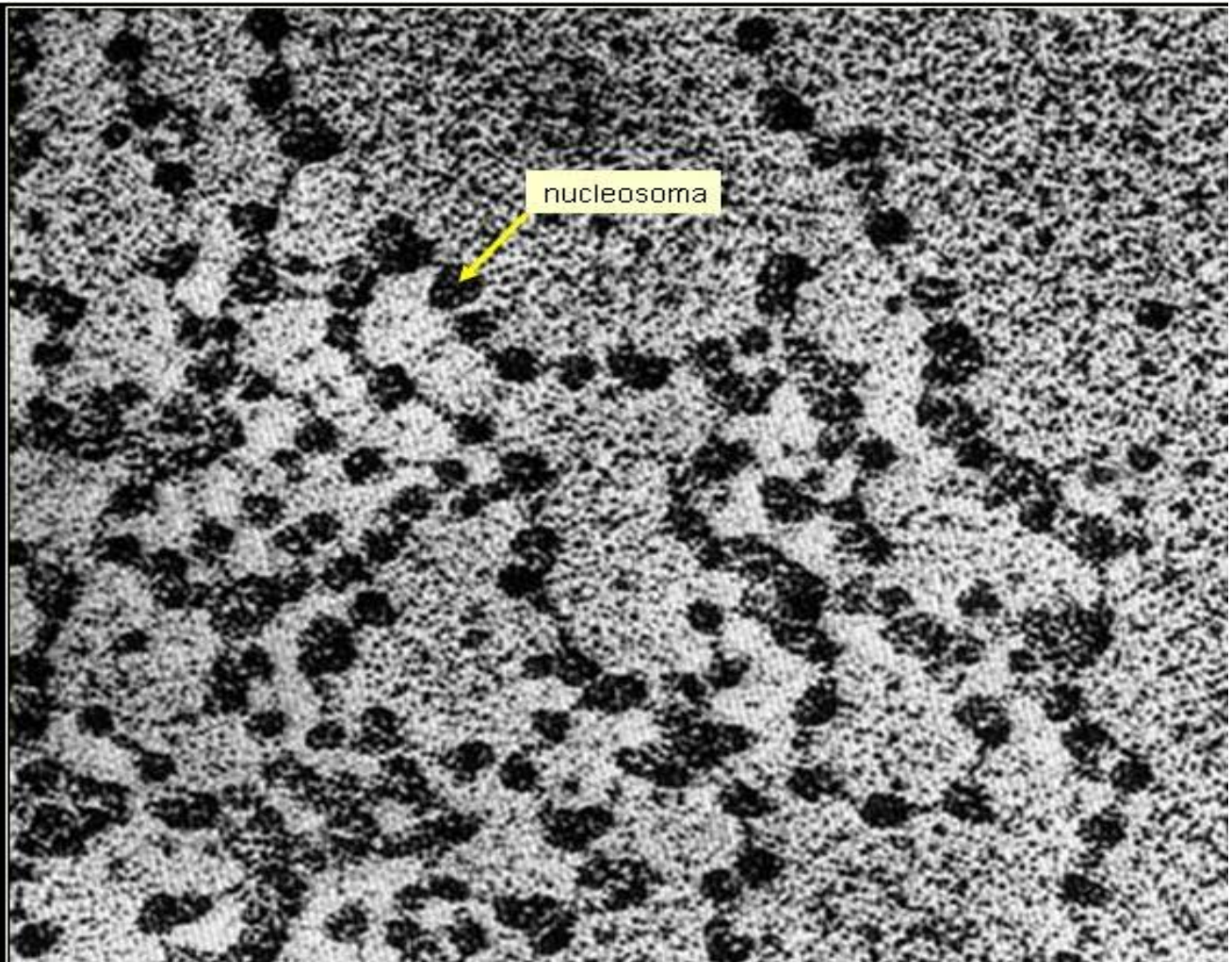
# Estructura de la cromatina





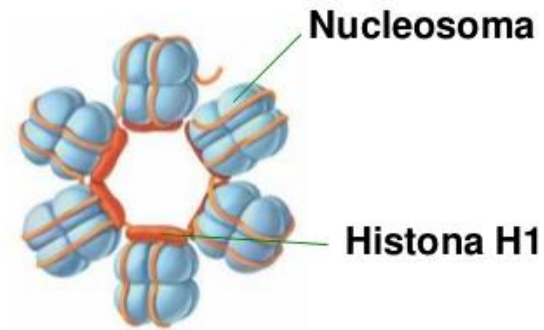
**Cromatina del núcleo de una célula eucariota.**

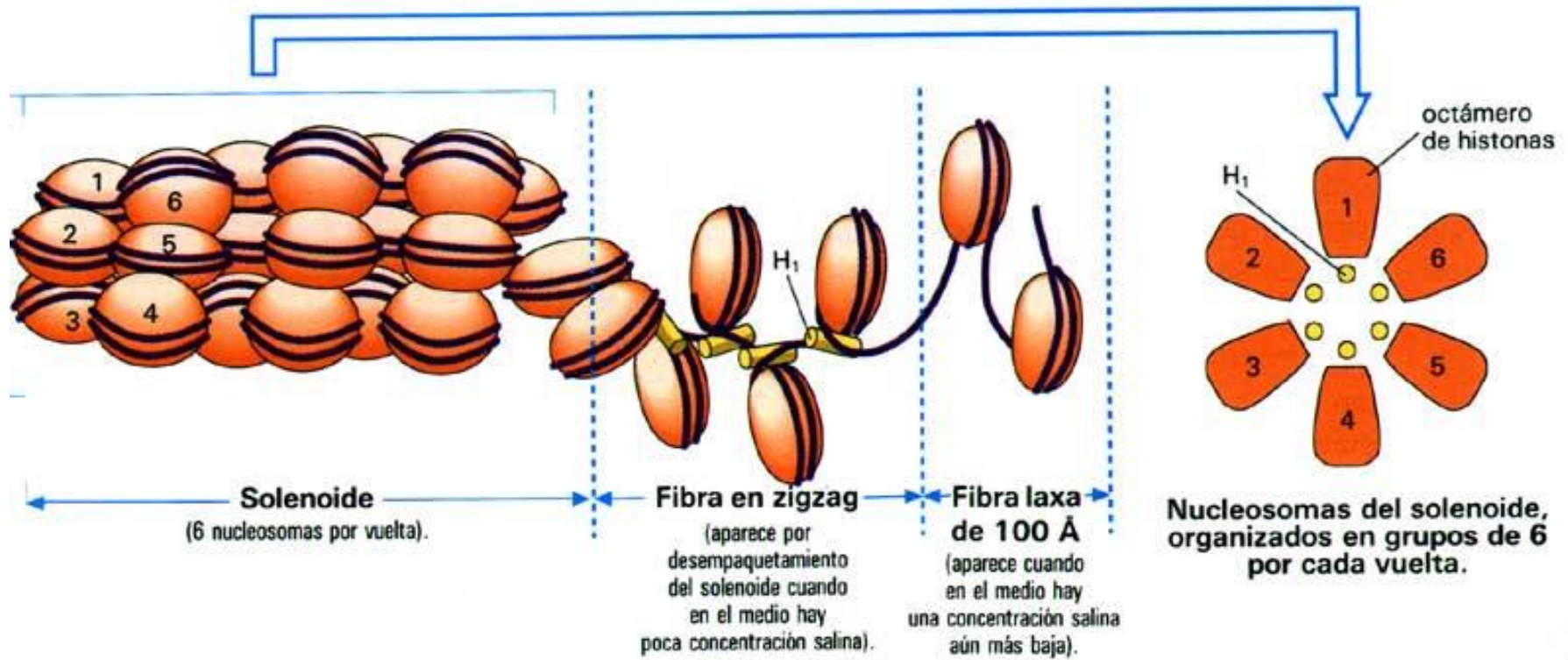
**Si se rompe la célula, y se aísla y purifica la cromatina del núcleo celular se observan unas estructuras filamentosas llamadas: fibras nucleosómicas.**



## Segon nivell o solenoide

- Enrotllament sobre ella mateixa de la fibra de cromatina de 100 Å
- A cada volta:
  - 6 nucleosomes
  - 6 histones H1
- Acurta el collar de perles 5 vegades

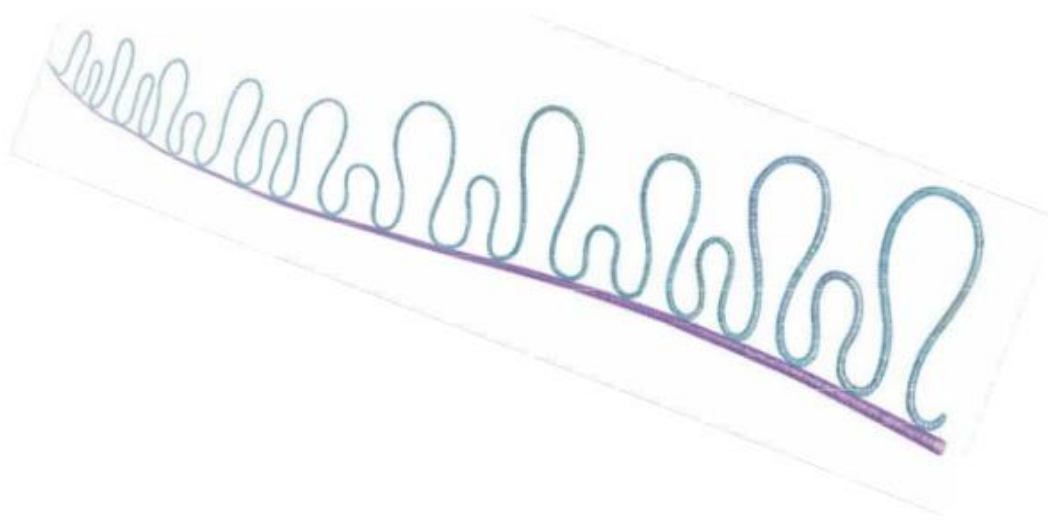






## Tercer nivell o dominis de bucle

- La fibra de cromatina de 300 Å forma bucles
- Entre 20000 i 70000 parells de bases
- Estabilitzats per una bastida proteica o carcassa nuclear
- A vegades enrotllats sobre ells mateixos

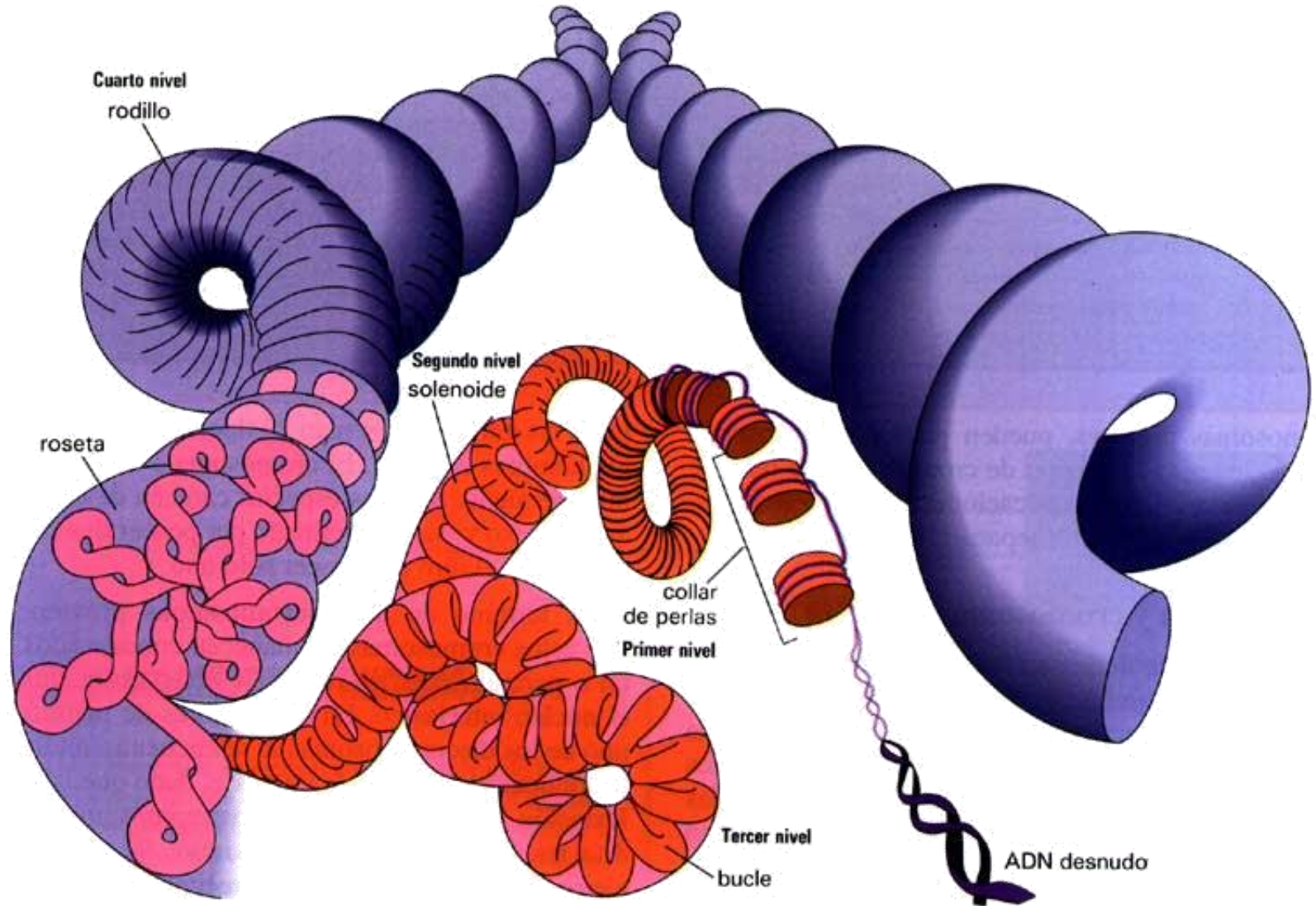


# Nivell superior

- Estructura no molt coneguda
- Formació de cromosomes
- Empaquetament del primer nivell unes 10000 vegades
- Eix de proteïnes SMC (Manteniment estructural de cromosomes) que contenen histones i topoisomereses



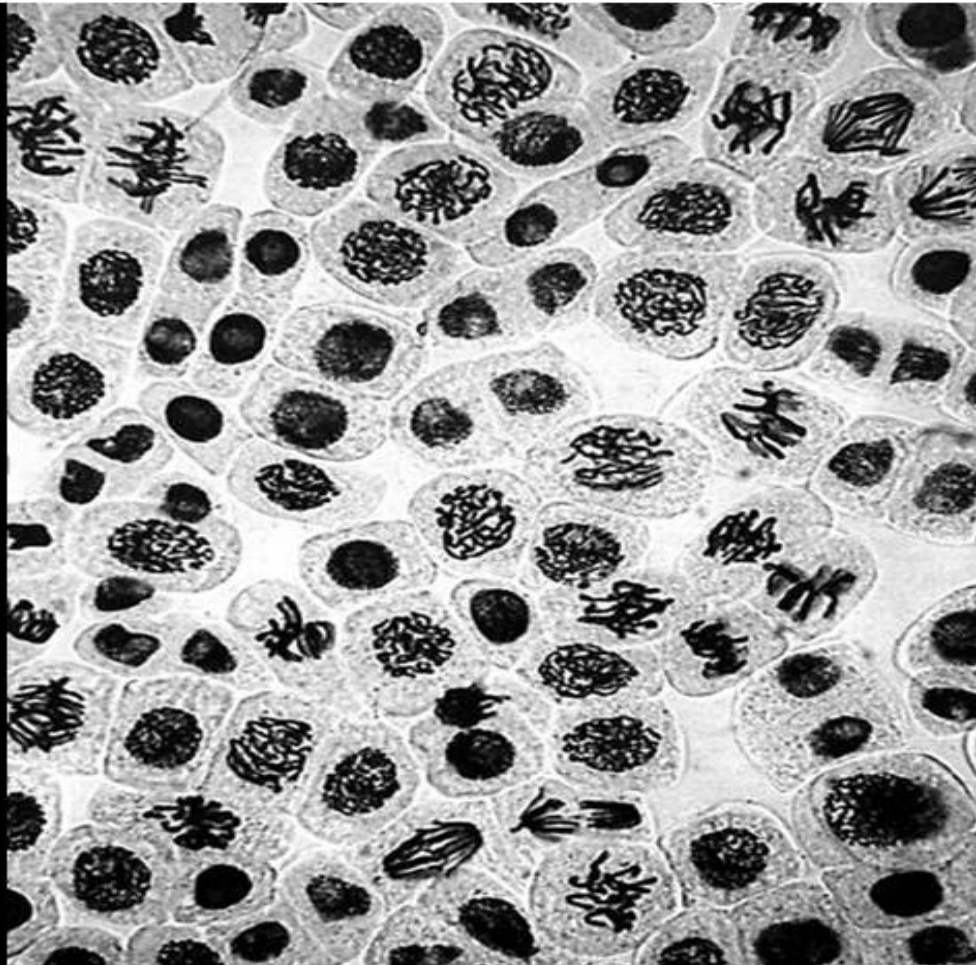
# Estructura de la cromatina



# Cromosomas

Células en división.

En ellas se observa el ADN fuertemente empaquetado formando cromosomas mitóticos.



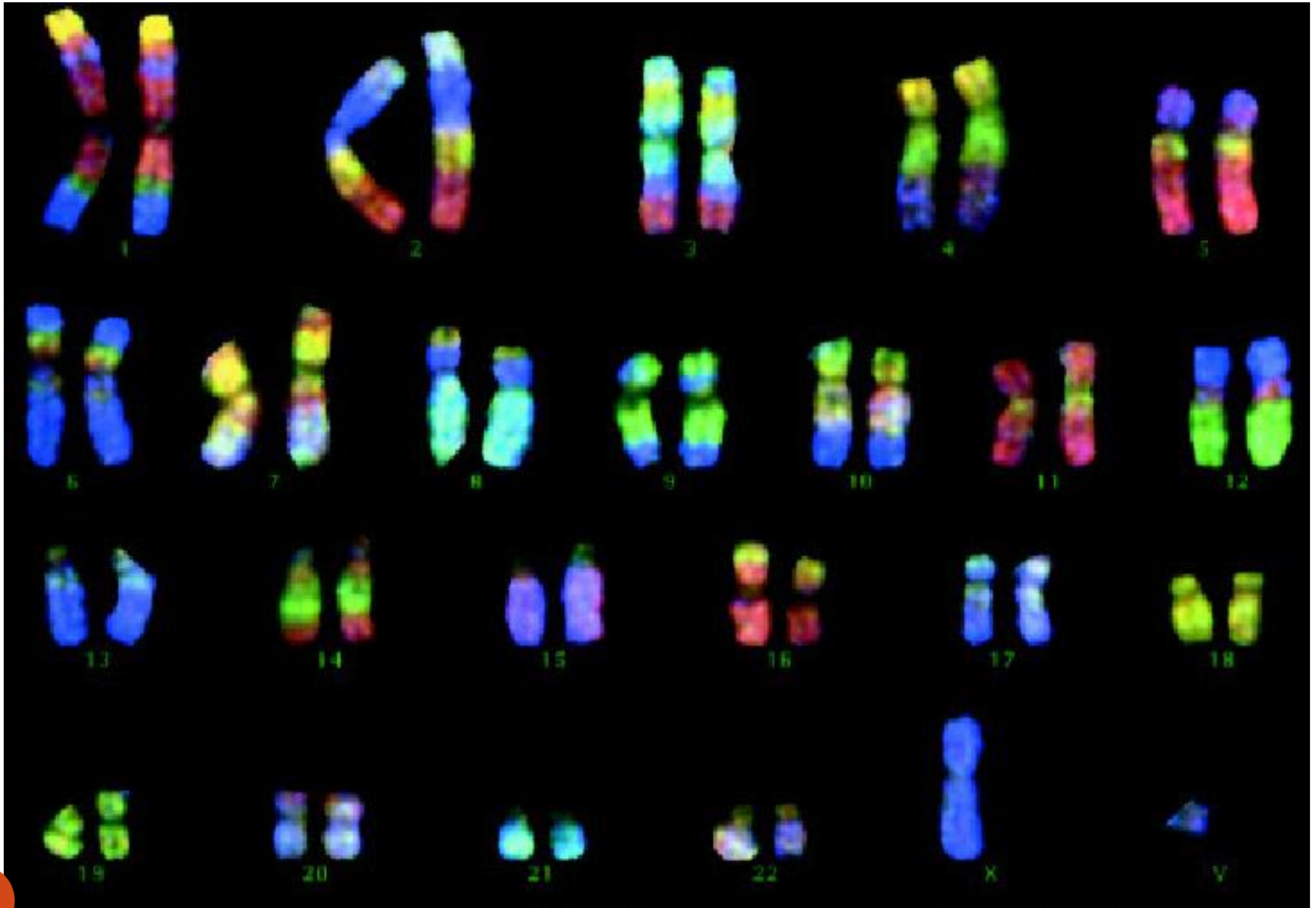


# Cromosomas

Cromosomas.  
Se trata de los  
cromosomas X  
e Y humanos.



# Cariotipo humano





## 2.5. Tipus de DNA

- En funció del nombre de cadenes
  - DNA monocatenari → poc freqüent
  - DNA bicatenari → en la majoria d'organismes
- En funció de la forma
  - Lineal → al nucli de les cèl·lules eucariotes
  - Circular → als bacteris, mitocondris, cloroplasts i alguns virus
- En funció de les molècules de suport a l'empaquetament:
  - DNA associat a histones → nucli eucariotes
  - DNA associat a protamines → espermatozoides
  - DNA procariota

- Com més elevada és la complexitat de l'organisme més llarg és el DNA
  - Virus polioma 1,7 micres
  - *Escherichia coli* 1,36 mm
  - *Drosophila* 11,2 cm
  - Eriçó de mar 0,57 m
  - Gall 0,93 m
  - Gos 1,89 m
  - Nosaltres 2,36 m dels 46 cromosomes

# MONOCATENARI



Lineal



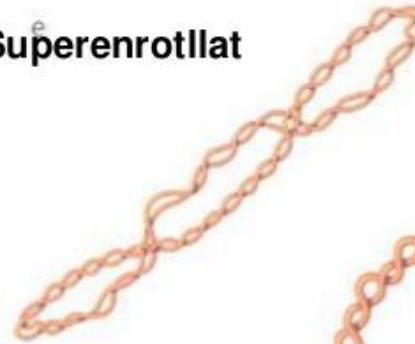
Circular

# BICATENARI

Lineal



Superenrotllat



Circular



Concatenat

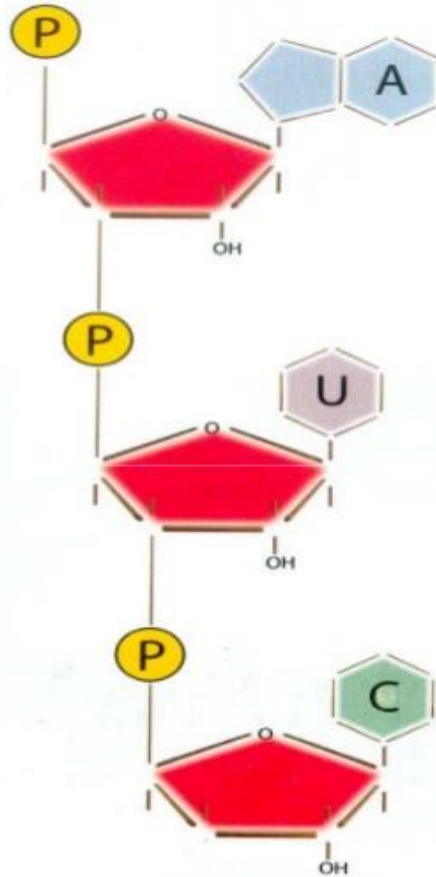


# 3. L'àcid ribonucleic (RNA)

- Format per:
  - Nucleòtids de ribosa
  - Bases nitrogenades (adenina, guanina, citosina i uracil)
- Enllaços fosfodiéster (dos enllaços éster seguits)
- Es comença per l'extrem 5'
- Generalment monocatenari excepte retrovirus
- Diferents tipus de RNA
  - Missatger
  - De transferència
  - Ribosòmic
  - Nucleolar
  - Petit nuclear
  - D'interferència

## Estructura primària de l'RNA

extrem 5'



extrem 3'

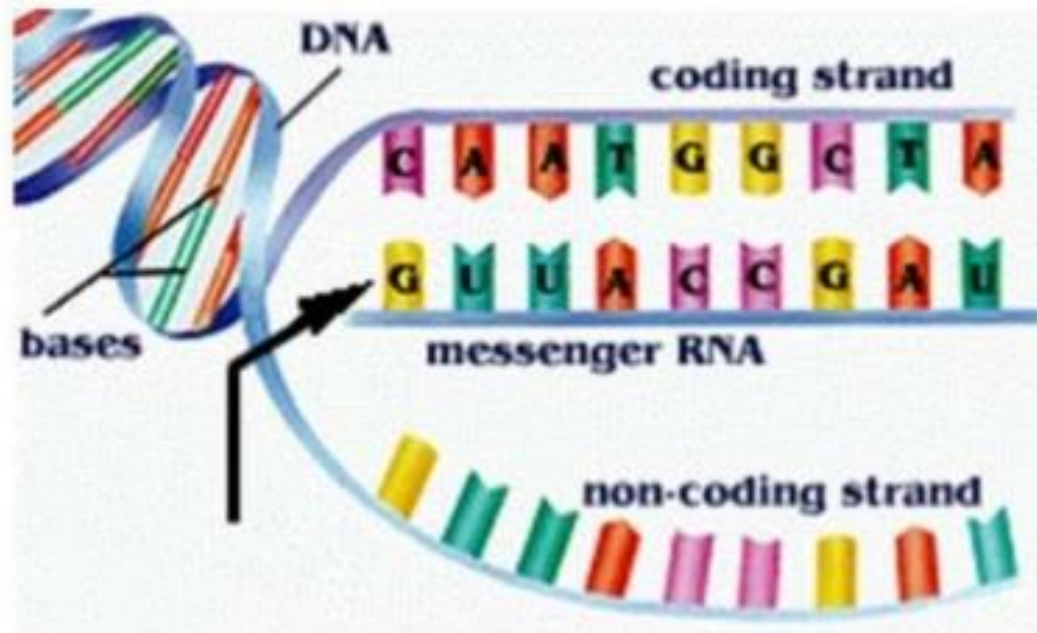
## 3.1. RNA missatger (mRNA)

- Generalment monocatenari i lineal
- Còpia la informació del DNA i la porta als ribosomes perquè sintetitzin les proteïnes a partir dels aminoàcids que aporten els tRNA
- Diferents tipus d'estructura segons el tipus de cèl·lula
  - mRNA eucariòtic
  - mRNA procariòtic



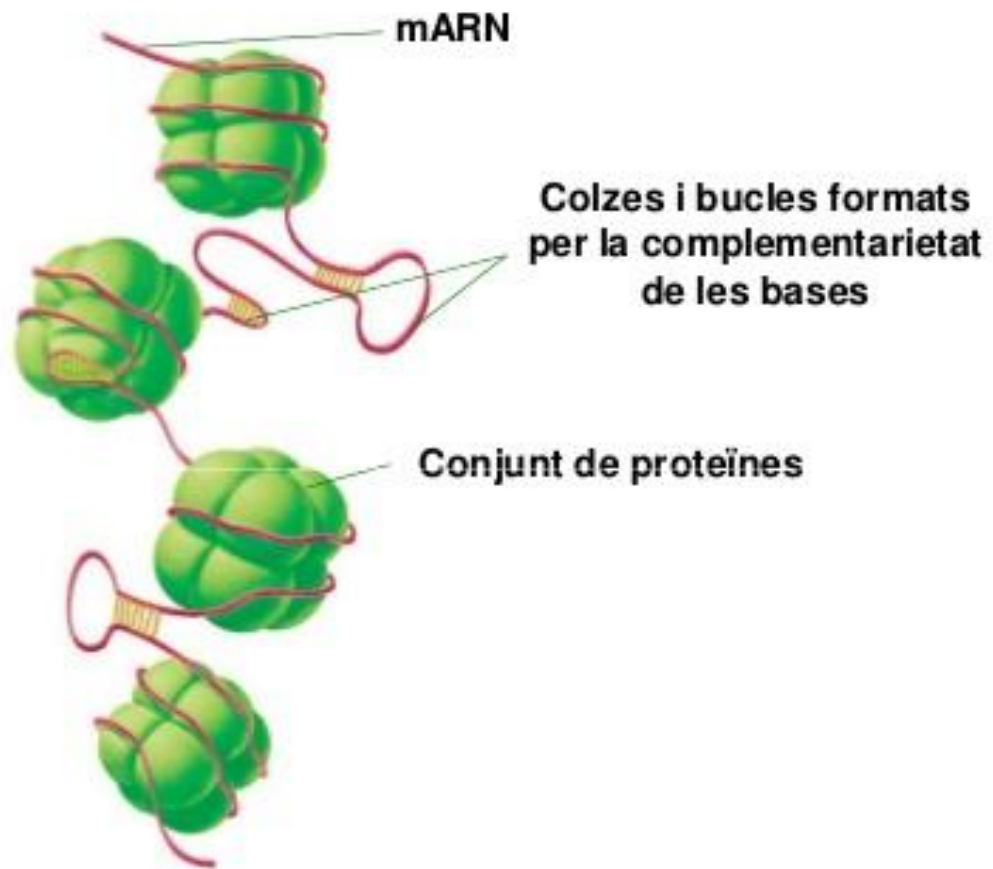
## a) ARN mensajero (ARNm)

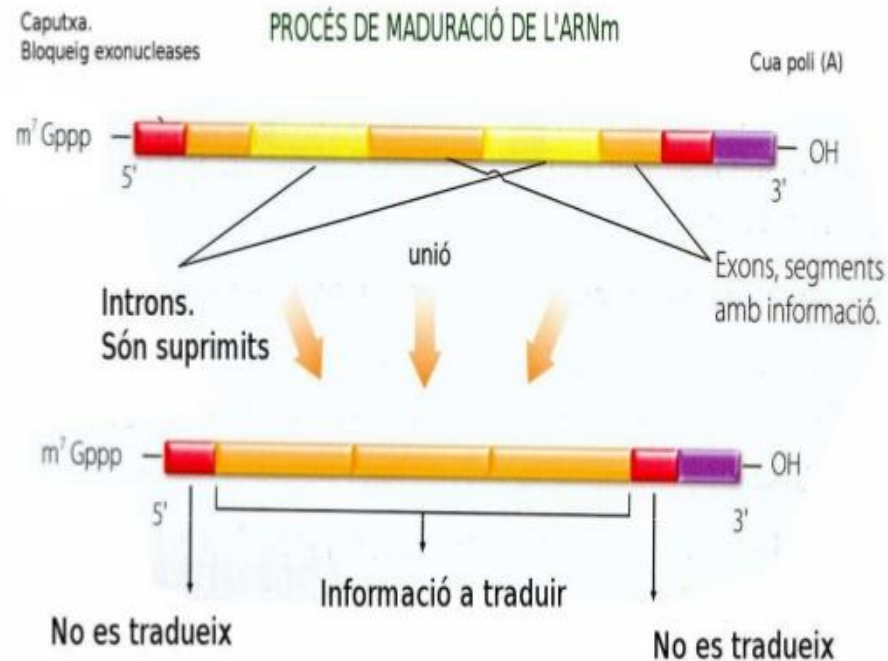
Lleva la transcripción del ADN para que se produzca el proceso de traducción en el ribosoma



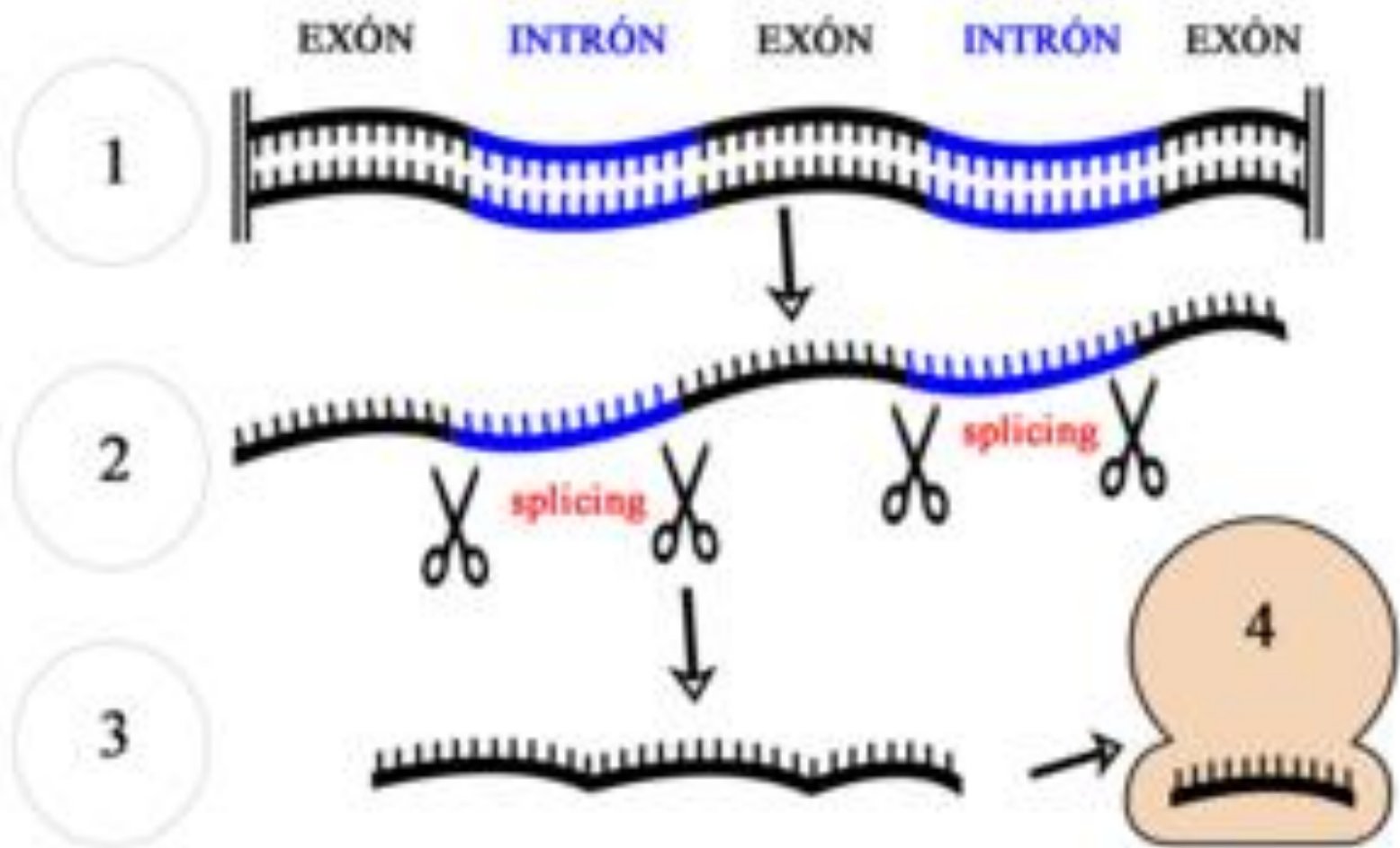
# mRNA eucariòtic

- Zones amb doble hèlix (complementarietat de les bases entre diferents segments)
- Zones monocatenàries → formen els llaços en ferradura
- Associat a proteïnes → ribonucleoproteïques
- Monocistrònic → quan porta informació per sintetitzar una proteïna
- Introns → segments que no porten informació i que son suprimits





L'estructura d'un mRNA madur eucariota inclou: una caputxa al 5' (una guanósina trifosfat invertida i metilada en el nitrogen 7), regió codificant i la cua poli-A (tram on totes les bases son adenines).



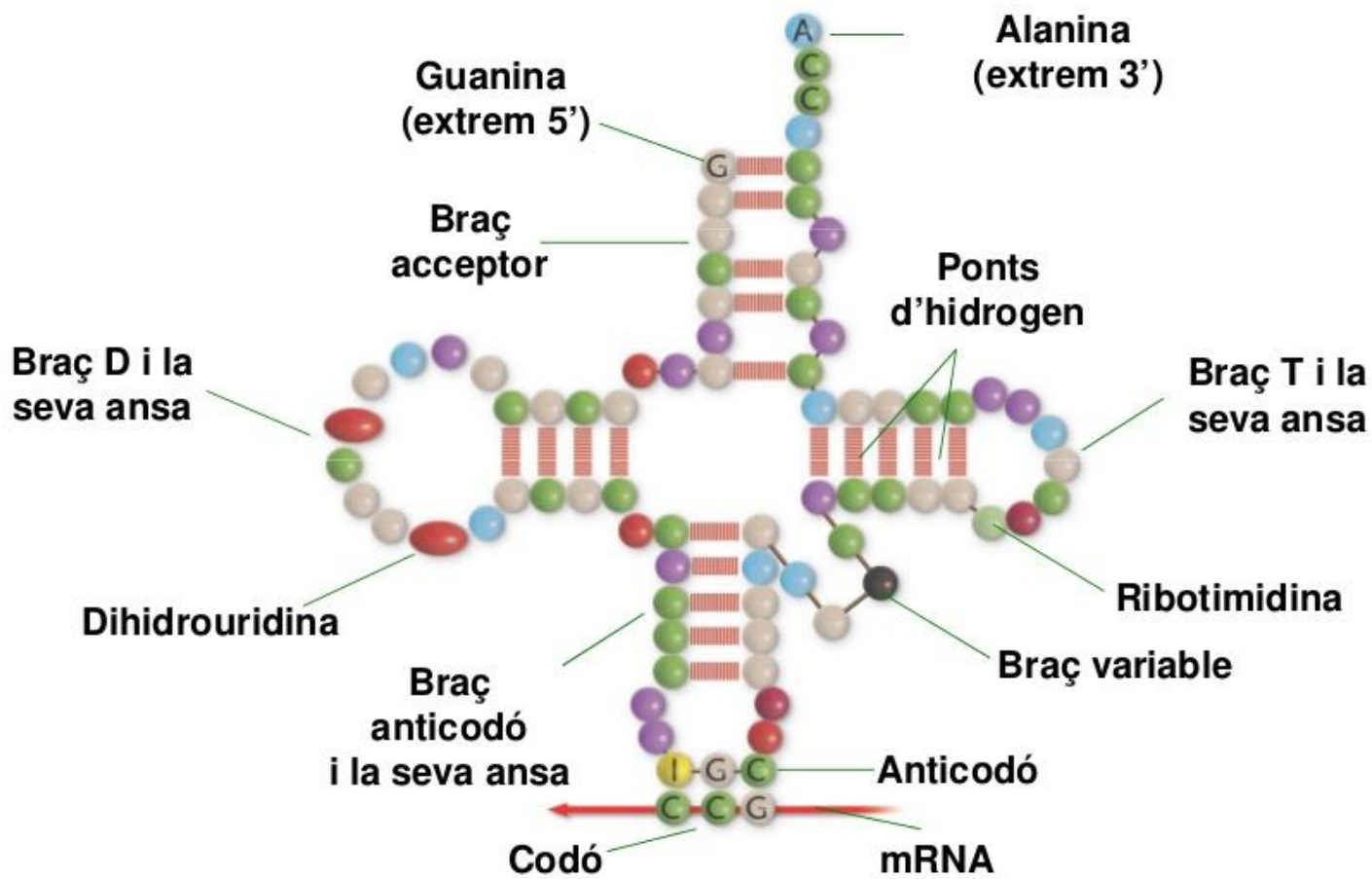
# mRNA procariòtic

- No adopta l'estructura del RNA eucariòtic
- No porta introns
- No te caputxa ni cua poli-A
- Comença amb un nucleòtid trifosfat no invertit
- Pot ser policistròmic → porta informació per a dues o més cadenes polipeptídiques (més d'una proteïna)

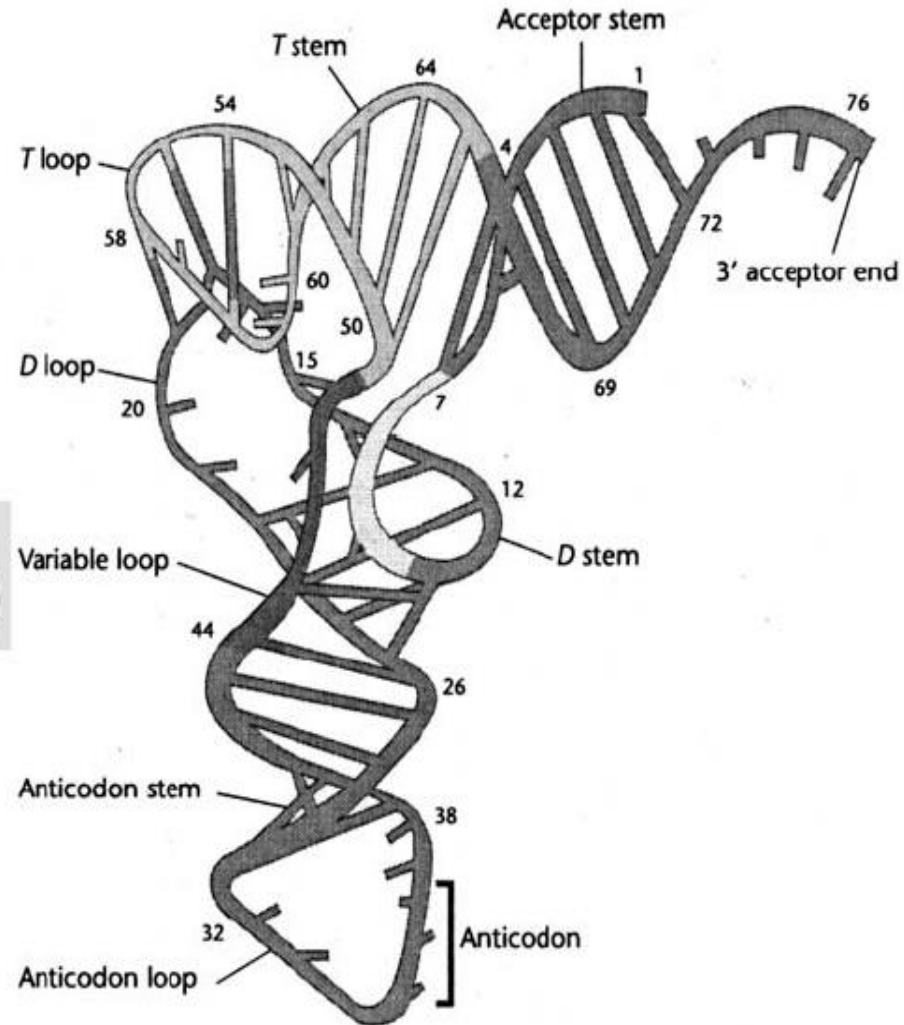
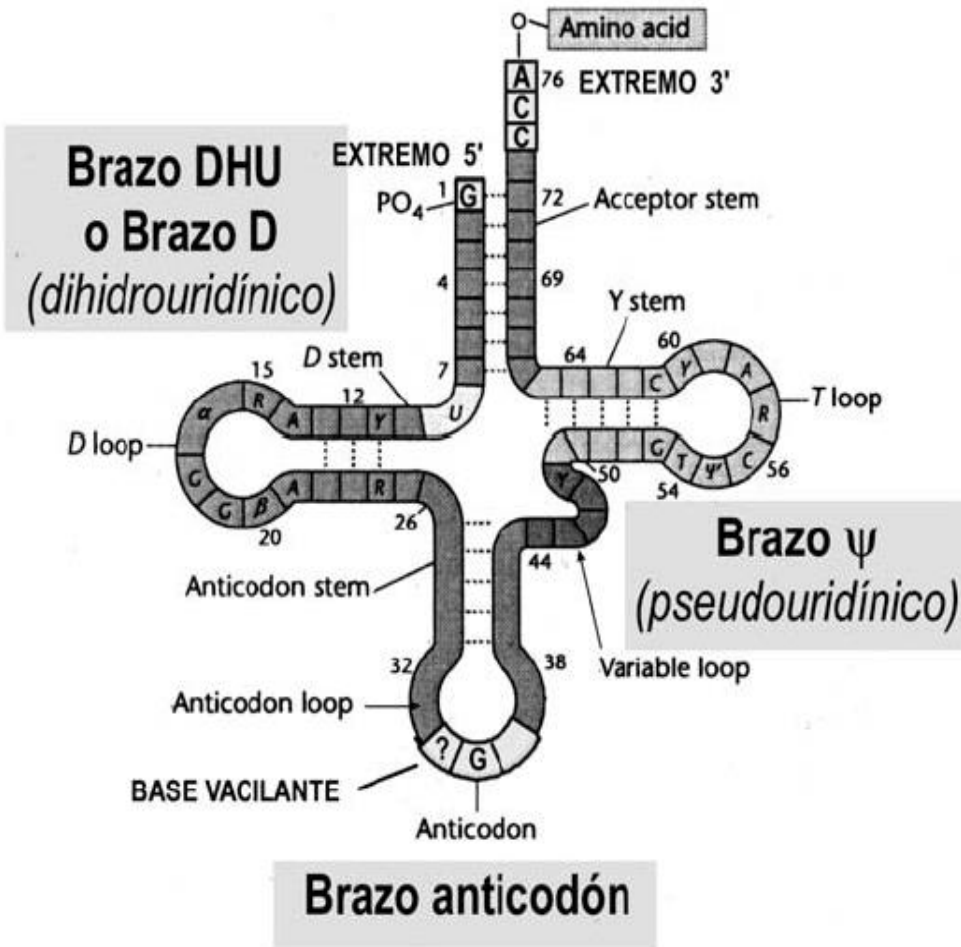


## 3.2. RNA transferència (tRNA)

- Entre 70 i 90 nucleòtids
- Dispersos al citoplasma
- Uns 50 tipus diferents
- Transporta aminoàcids fins als ribosomes (segons el que determina un mRNA) per sintetitzar proteïnes
- Tenen 2 zones diferents:
  - Estructura secundària amb doble hèlix
  - Estructura monocatenària amb anses i bucles
- Forma de trèvol, però en 3D s'hi observa una estructura terciària en forma de "L"
- Tenen un aminoàcid unit a l'extrem 3'
- Altres bases nitrogenades: dihidrouridina (UH<sub>2</sub>), ribotimidina (T) i inosina (I).



# ARN transferent

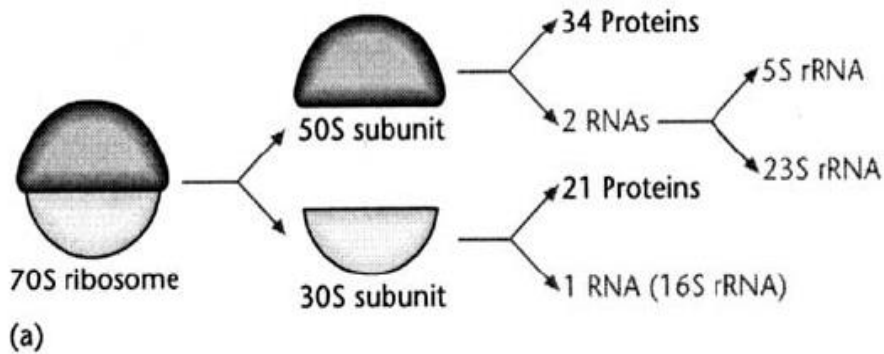


## 3.3. RNA ribosòmic (rRNA)

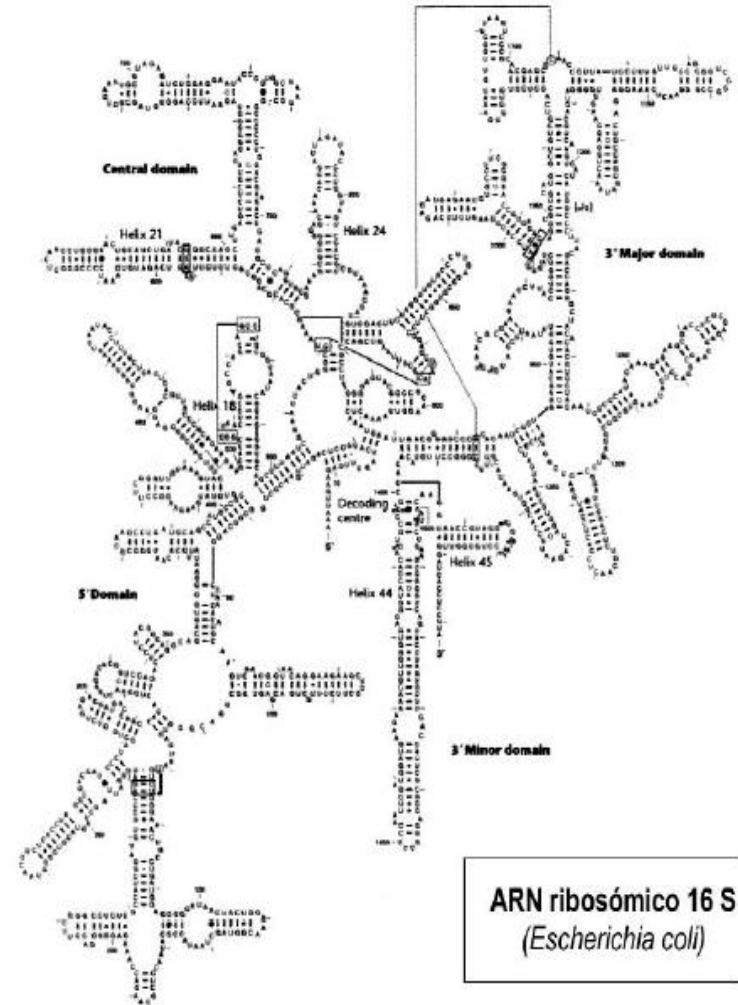
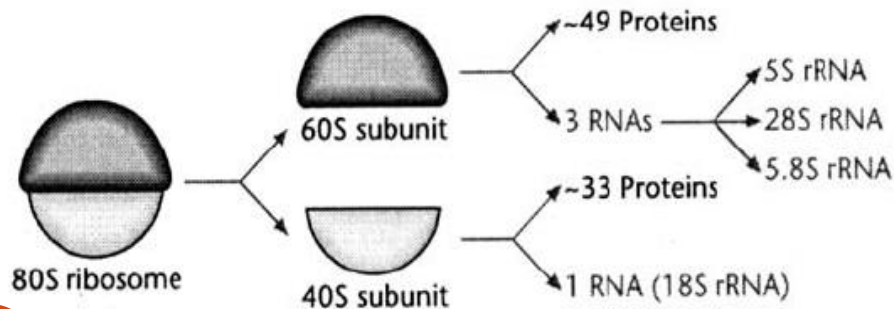
- Constitueix els ribosomes (60% de la seva massa)
- Interaccionen dins el ribosoma amb el mRNA i els tRNA durant la traducció
- Zones monocatenàries i zones en doble hèlix
- La seva massa se sol expressar segons el coeficient de sedimentació de Svedberg (unitats de Svedberg S)
- Cèl·lules procariota on els ribosomes tenen 70S i cèl·lules eucariotes on tenen 80S

# ARN ribosòmic

## Ribosoma procariòtico



## Ribosoma eucariòtico

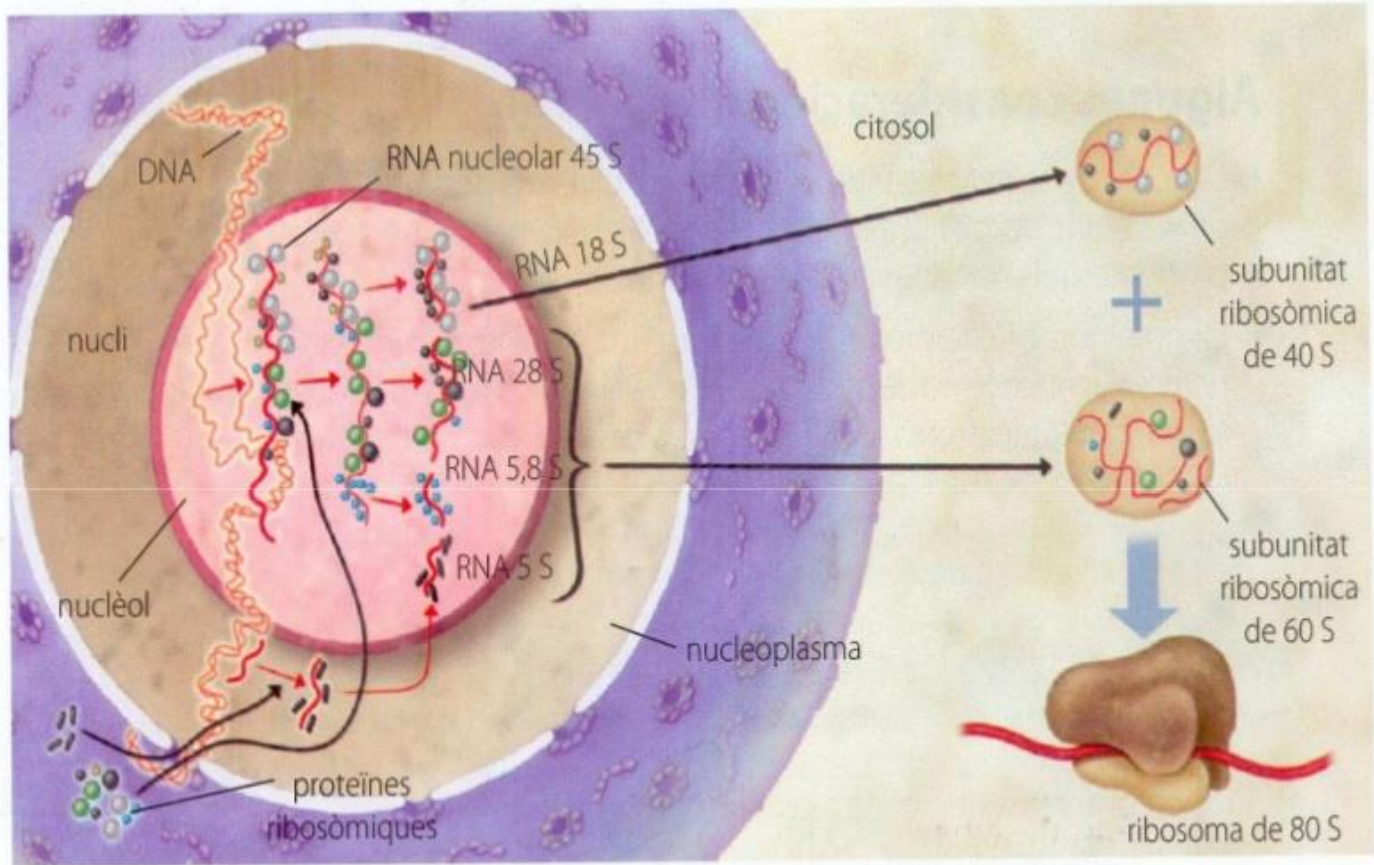


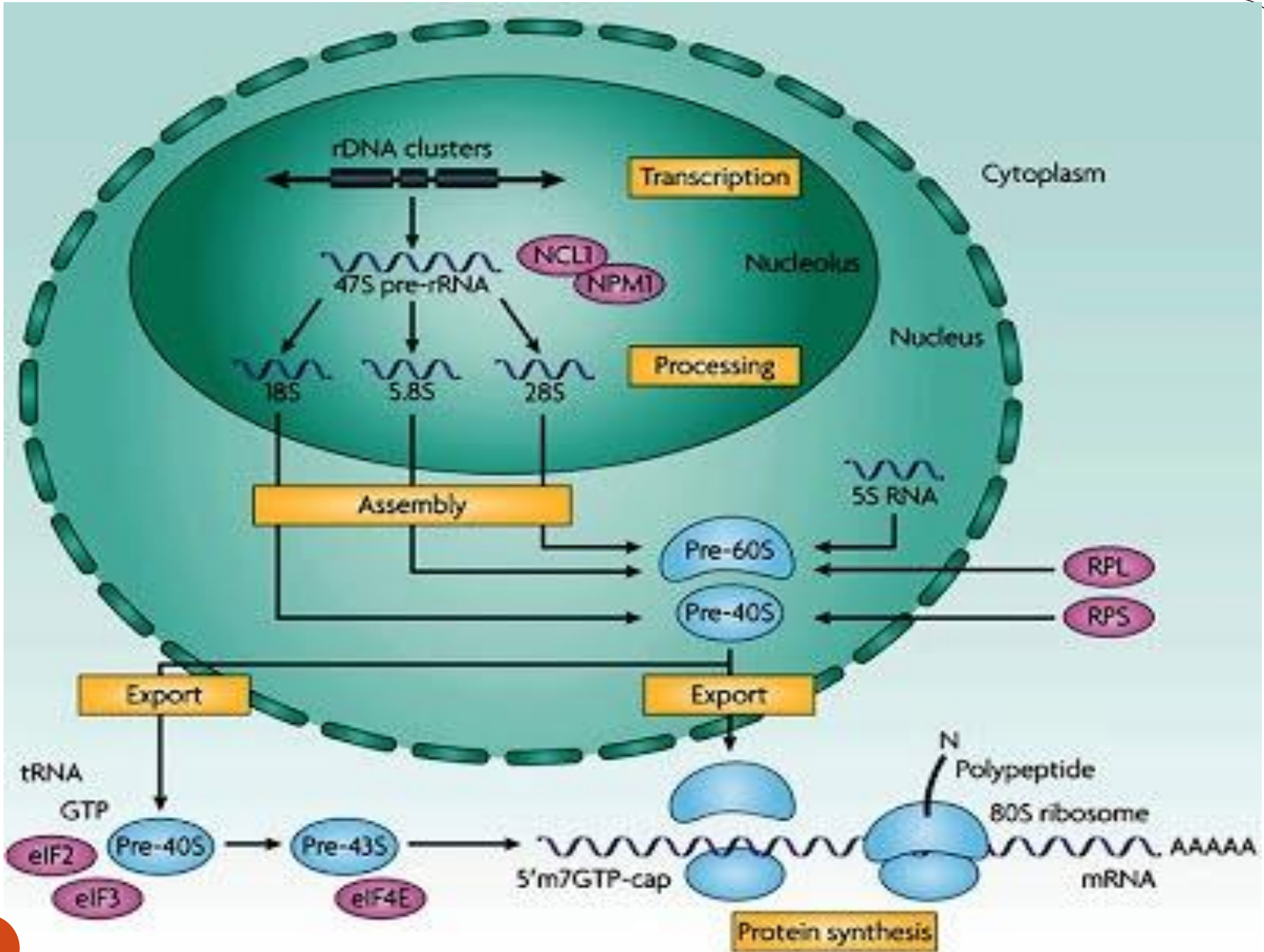


## 3.4. RNA nucleolar (nRNA)

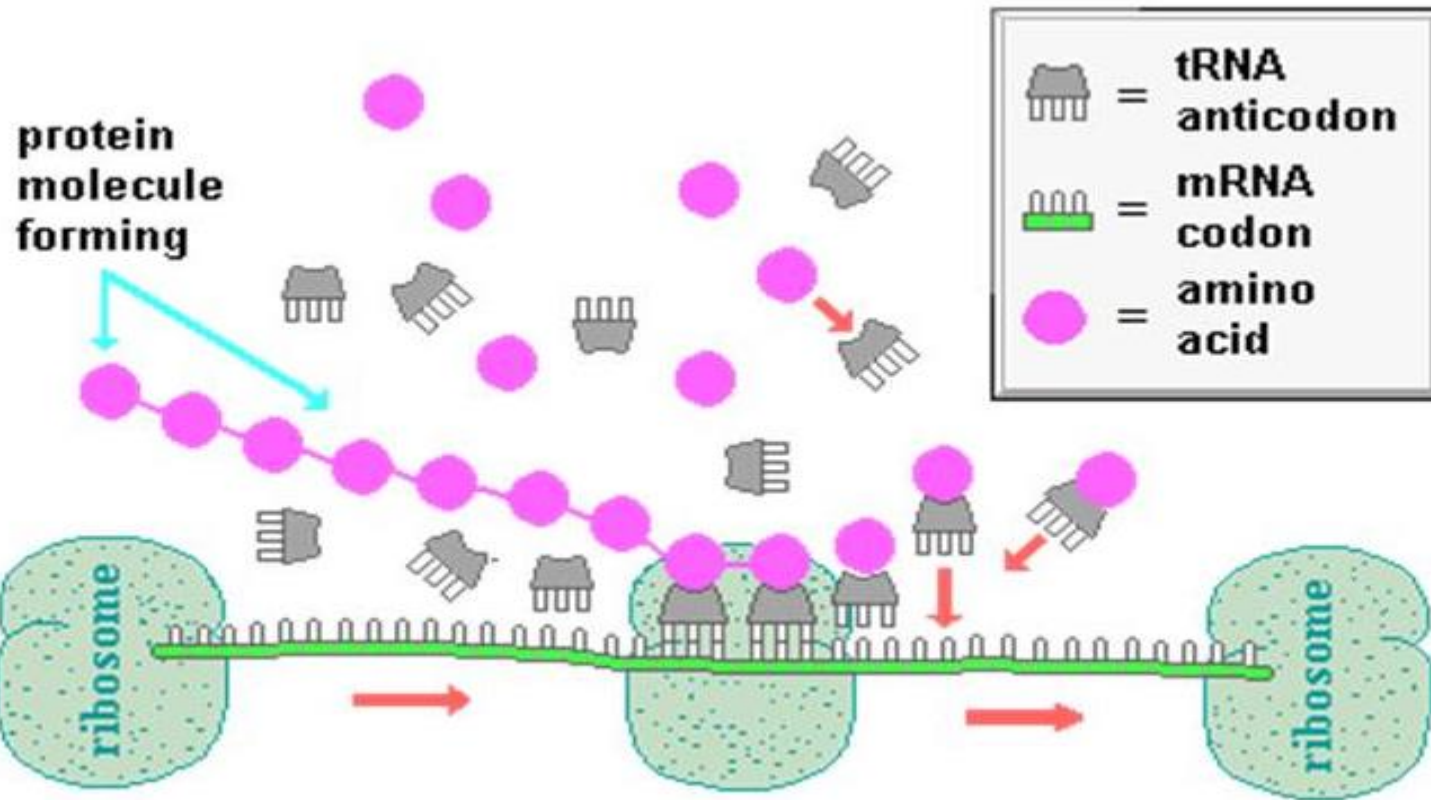
- Component principal del nuclèol
- Originat a partir de diferents segments de DNA →  
Regió organitzadora nucleolar:
  - nRNA de 45S associat a proteïnes
  - Dividit en tres RNA
  - S'hi afegeix un ARN 5S format fora del nuclèol
- Associat a proteïnes
- Surt del nucli per formar els ribosomes (80S):
  - Subunitat ribosòmica de 40S
  - Subunitat ribosòmica de 60S







# ARN



## 3.5. RNA petit nuclear (pnRNA)

- Molt petit
- Al nucli de les cèl·lules eucariotes
- També es pot anomenar uRNA pel gran contingut de uridina
- S'uneix a proteïnes i ajuda a eliminar els introns en el procés de maduració



## 3.6. RNA interferència (iRNA)

- Es de cadena doble
- Entre 20 i 25 nucleòtids
- Utilitzat pels enzims per reconèixer mRNA
- És el mecanisme d'autocontrol de la cèl·lula
- S'utilitza pel tractament de:
  - Infeccions víriques
  - Càncer
  - Malalties hereditàries

# Diferències ADN/ARN

	ADN	ARN
Estructurals	Bicatenari, excepte en alguns virus.	Monocatenari, excepte reovirus Tres tipus majoritaris: ARNt, ARNm i ARNr
Longitud	Tamany més gran	Més menut
Estructura	Estructura 1ària, 2ària i 3ària	Estructura secundària en algunes regions de l'ARNt
Químiques	Bases: A, T, G, C	Bases: A, U, C, G. En l'ARNt també bases derivades d'aquestes
	Pentosa: desoxiribosa	Pentosa: ribosa
Funcionals	A partir d'ell es forma l'ARN i és el que dirigeix totes les funcions de la cèl·lula i es transmet genèticament	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Transmissió de la informació genètica des de l'ADN als ribosomes: <b>transcripció</b></li> <li>▪ Conversió de la seqüència de nucleòtids de l'ARNm en una seqüència d'aas: <b>traducció</b></li> </ul>
Localització en cèl·lules eucariotes	En el nucli , mitocondris i cloroplast	En el nucli ( dispers o en els nucleol) i en el citoplasma ( dispers o en ribosomes)



# 4. Funcions dels àcids nucleics

- Entre les principals funcions d'aquests àcids tenim:
  - Duplicació o replicació del DNA
  - Expressió del missatge genètic
  - Transcripció del DNA per a formar mRNA i altres
  - Traducció, en els ribosomes, del missatge contingut en el mRNA a les proteïnes

# 5. Importància del DNA i del RNA

- DNA:
  - Emmagatzema informació. Està format per unitats diverses i distingibles que es poden ordenar de formes diverses constituint un missatge.
  - Es pot autoreplicar (duplicació). Està format per dues cadenes complementaries de forma que cada una d'elles pot fer de patró (o motllo) per fabricar-ne una altra mitjançant polimerització de nucleòtids.
  - Es molt estable degut als enllaços establerts entre les bases i la disposició helicoïdal, el que garanteix la seva conservació

- RNA:

- Transporta informació per poder-se sintetitzar proteïnes (mRNA)
- Alguns RNA del nuclèol participen en la maduració d'altres molècules de nRNA
- El tRNA s'uneix als aminoàcids activant-los, el que permetrà unir-los en una seqüència específica
- El rRNA permet sintetitzar proteïnes
- Alguns ARN actuen com a riboenzims