



III SIAN *Simpósio de Alimentos e Nutrição*



CURSO DE POSTGRADO

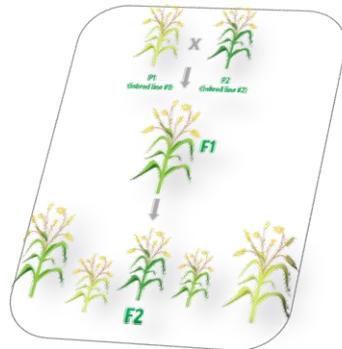
“MARCADORES MOLECULARES Y SU APLICACIÓN EN FITOMEJORAMIENTO, SEGURIDAD ALIMENTARIA Y TRAZABILIDAD DE LOS ALIMENTOS





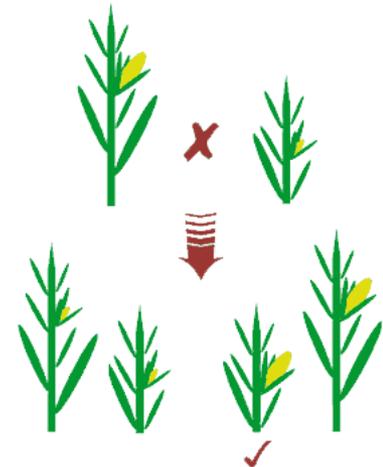
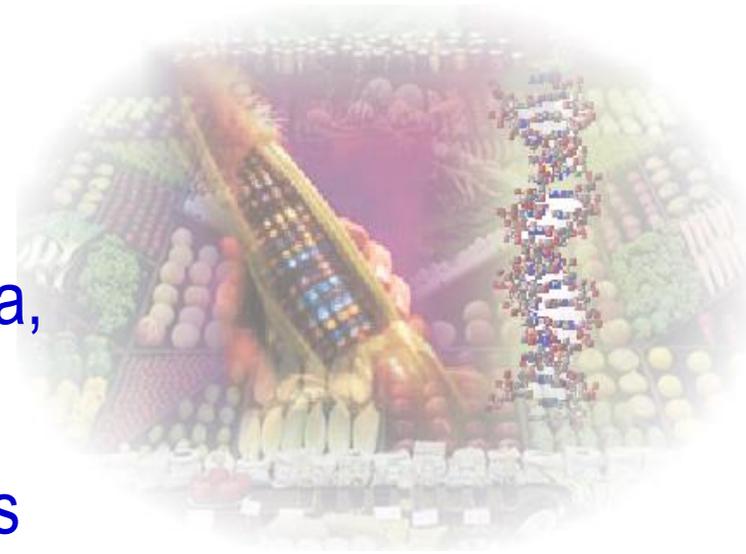
OBJETIVO

Obtener conocimientos generales sobre marcadores moleculares y sus posibles aplicaciones en mejoramiento genético, seguridad alimentaria y trazabilidad de los alimentos

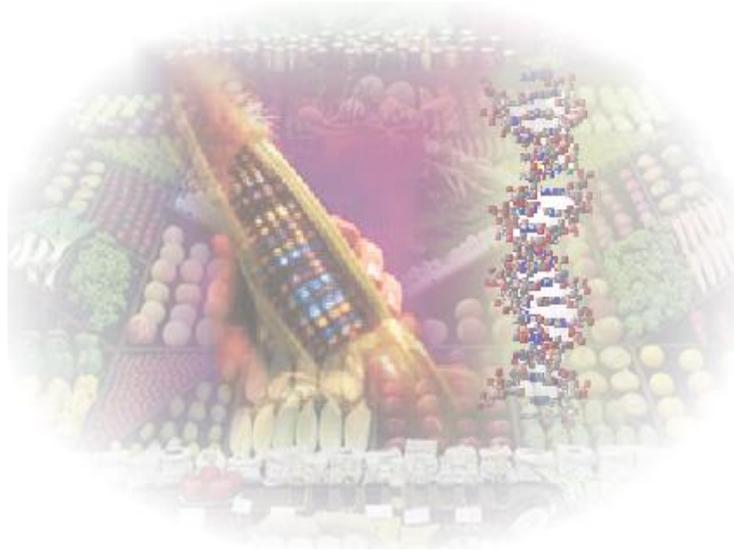


ETAPAS DEL CURSO

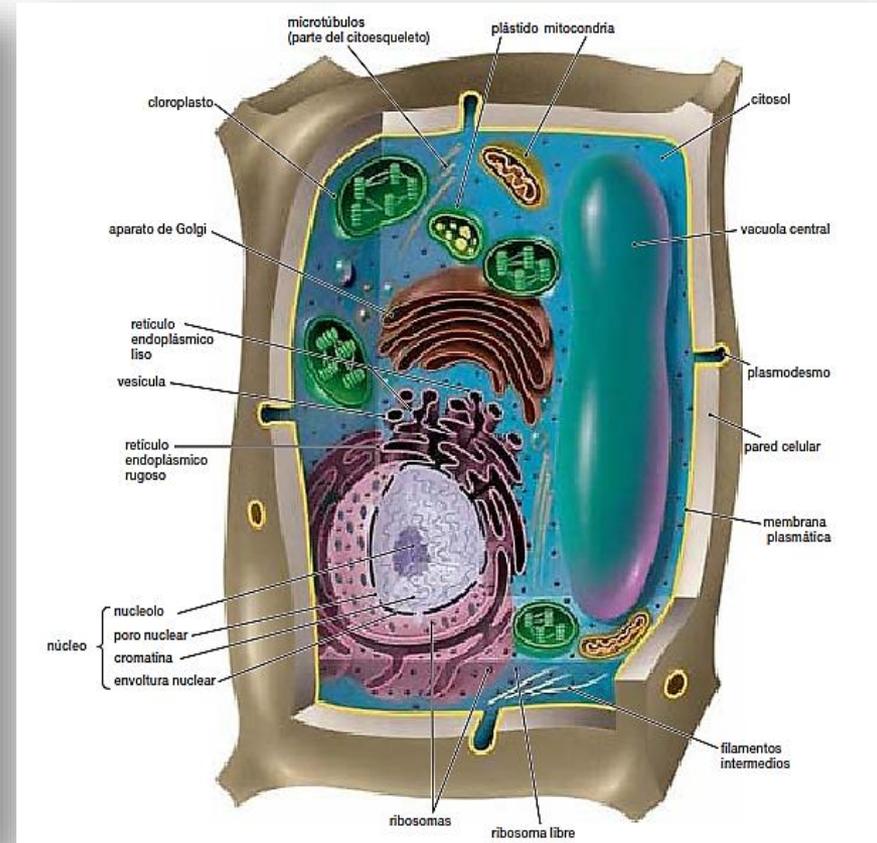
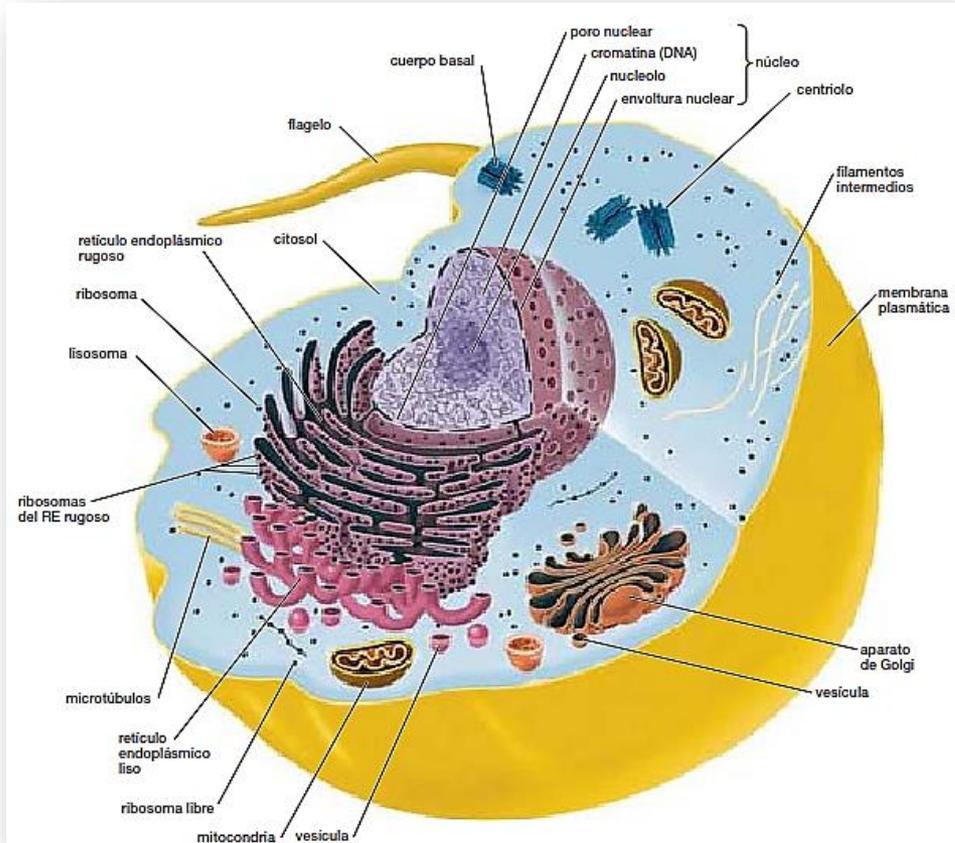
1. Recordar conceptos relevantes sobre cromosomas, ADN, genes, dogma central de la biología molecular, transmisión de la información genética, su expresión y regulación.
2. Describir los tipos de marcadores, sus ventajas y desventajas.
3. Definir fitomejoramiento, sus objetivos y metodologías.
4. Aplicación de los marcadores



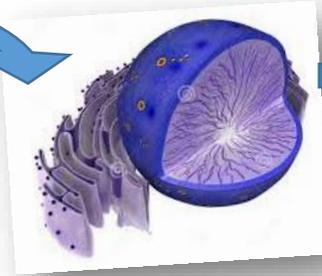
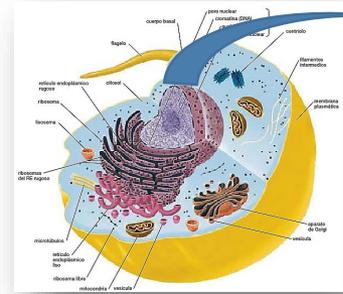
1. RECORDAR CONCEPTOS IMPORTANTES



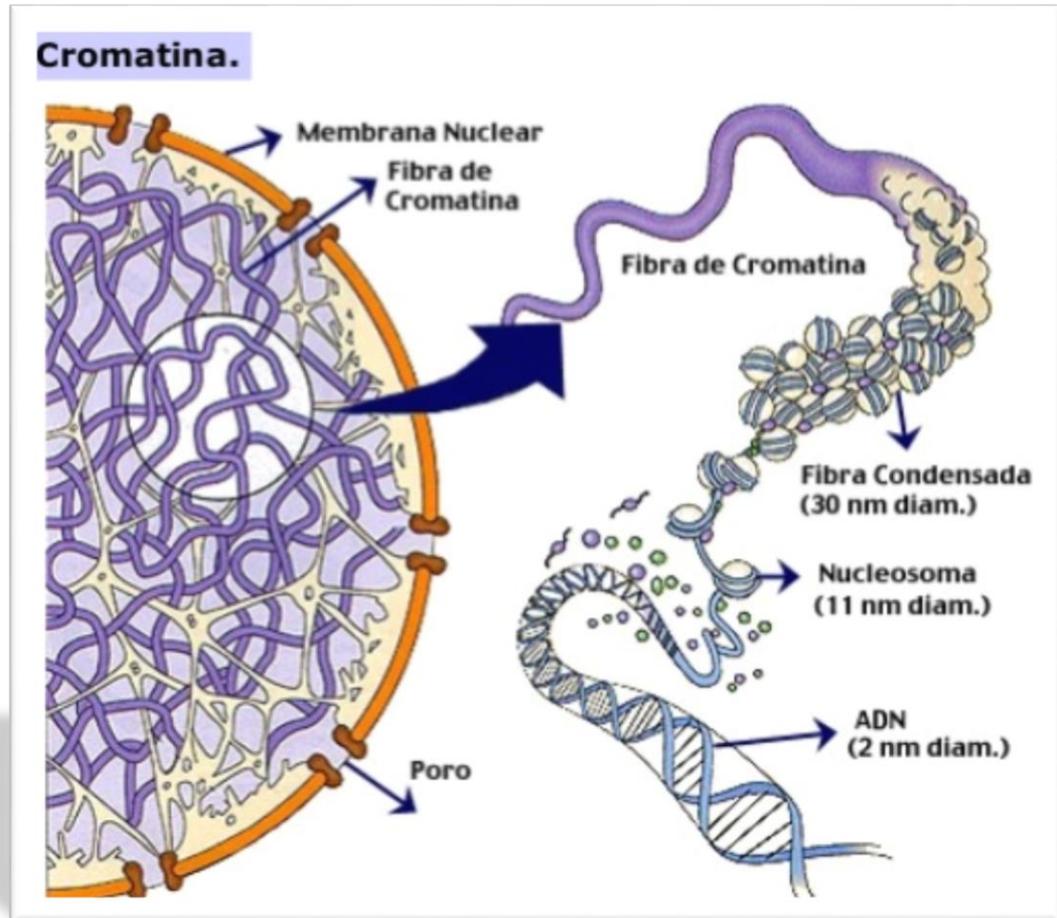
CELULA ANIMAL Y VEGETAL REPRESENTATIVA



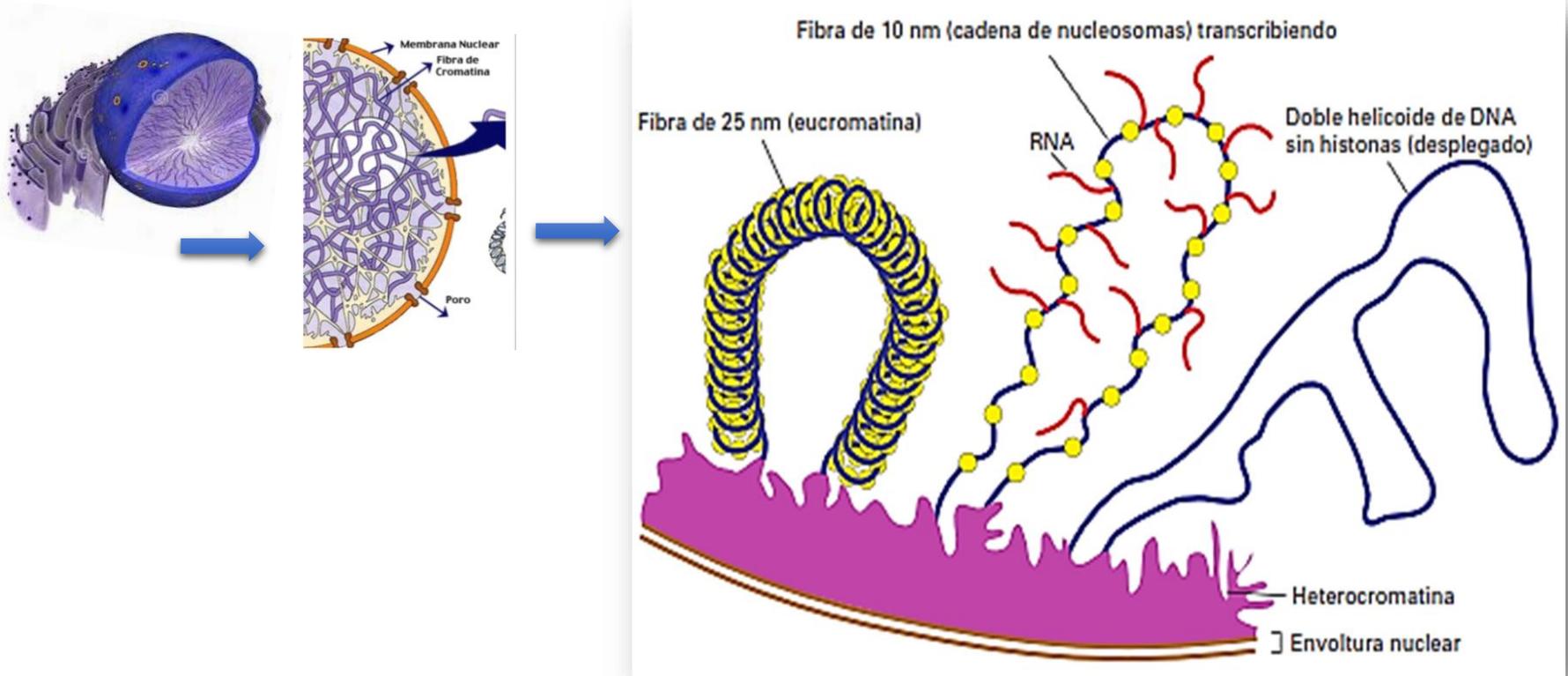
CROMATINA



La cromatina es la forma en la que el material genético aparece en el núcleo cuando la célula está realizando sus funciones habituales, y está formada por ADN y proteínas.

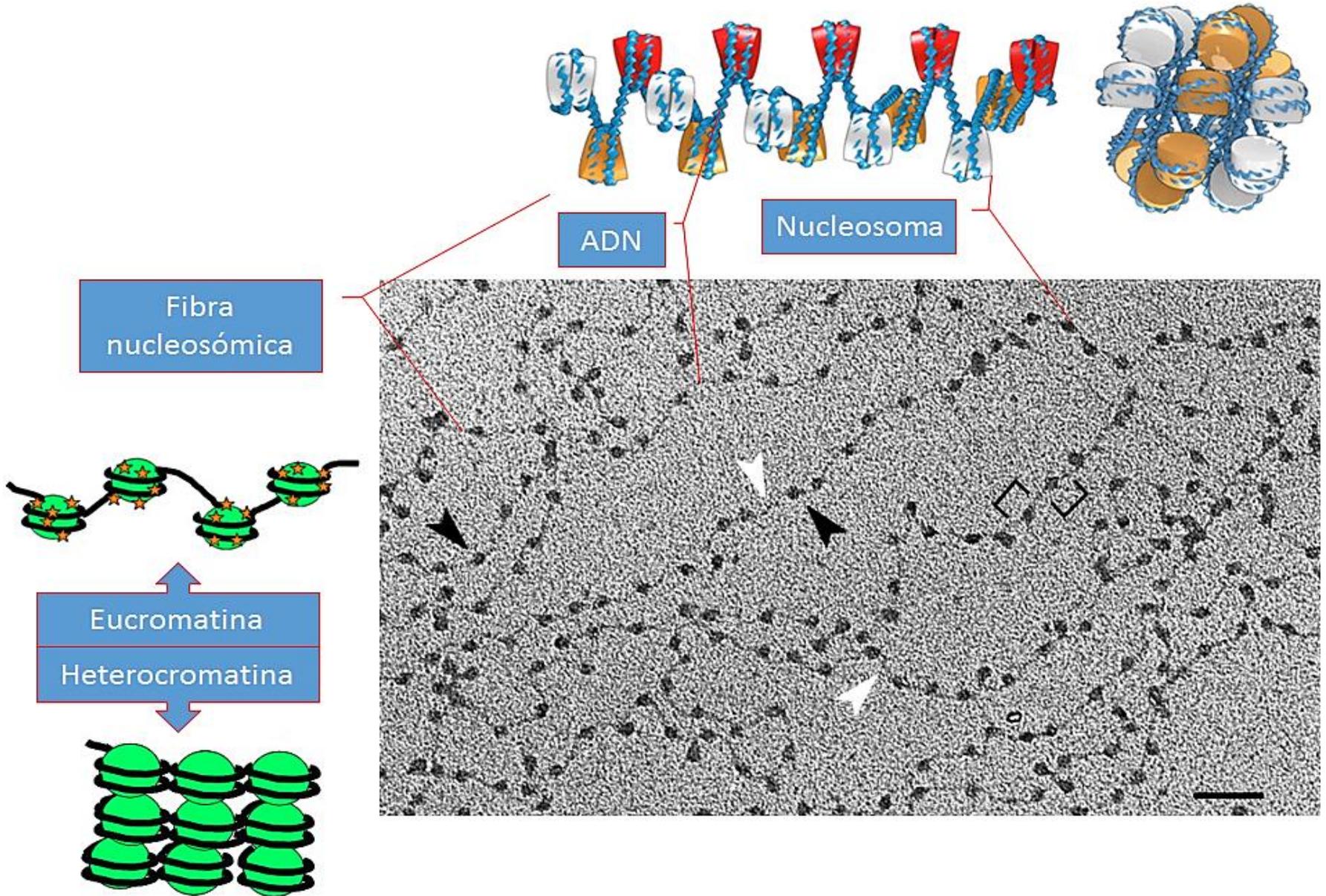


ESTRUCTURA DE LA CROMATINA EN LA INTERFASE



- El doble helicoide de ADN se une a las histonas para formar la cadena de nucleosomas (centro), que transcribe ARN.
- A su vez, esta cadena se plegaría para formar la fibra de 25 nm.
- Ambos tipos de fibras se observan en la eucromatina. La heterocromatina aparece como cromatina más intensamente condensada.

CROMATINA



CROMATINA Y NIVELES DE COMPACTACIÓN

1 La cromatina "desnuda" está formada por una doble hélice de ADN

Doble hélice de ADN

2 nm

2 El ADN asociado a histonas forma la fibra nucleosómica

3 Cada nucleosoma consta de ocho histonas y el ADN da 1,65 vueltas a su alrededor

4 Un cromatosoma es un nucleosoma con la histona H1

Núcleo del nucleosoma con ocho moléculas de histonas

Histona H1

11 nm

Cromatosoma

6 ... que forma lazos de unos 300 nm de anchura

5 La fibra nucleosómica se pliega en una de 30 nm

300 nm

30 nm

7 La fibra de 300 nm se comprime y pliega dando una de 700 nm

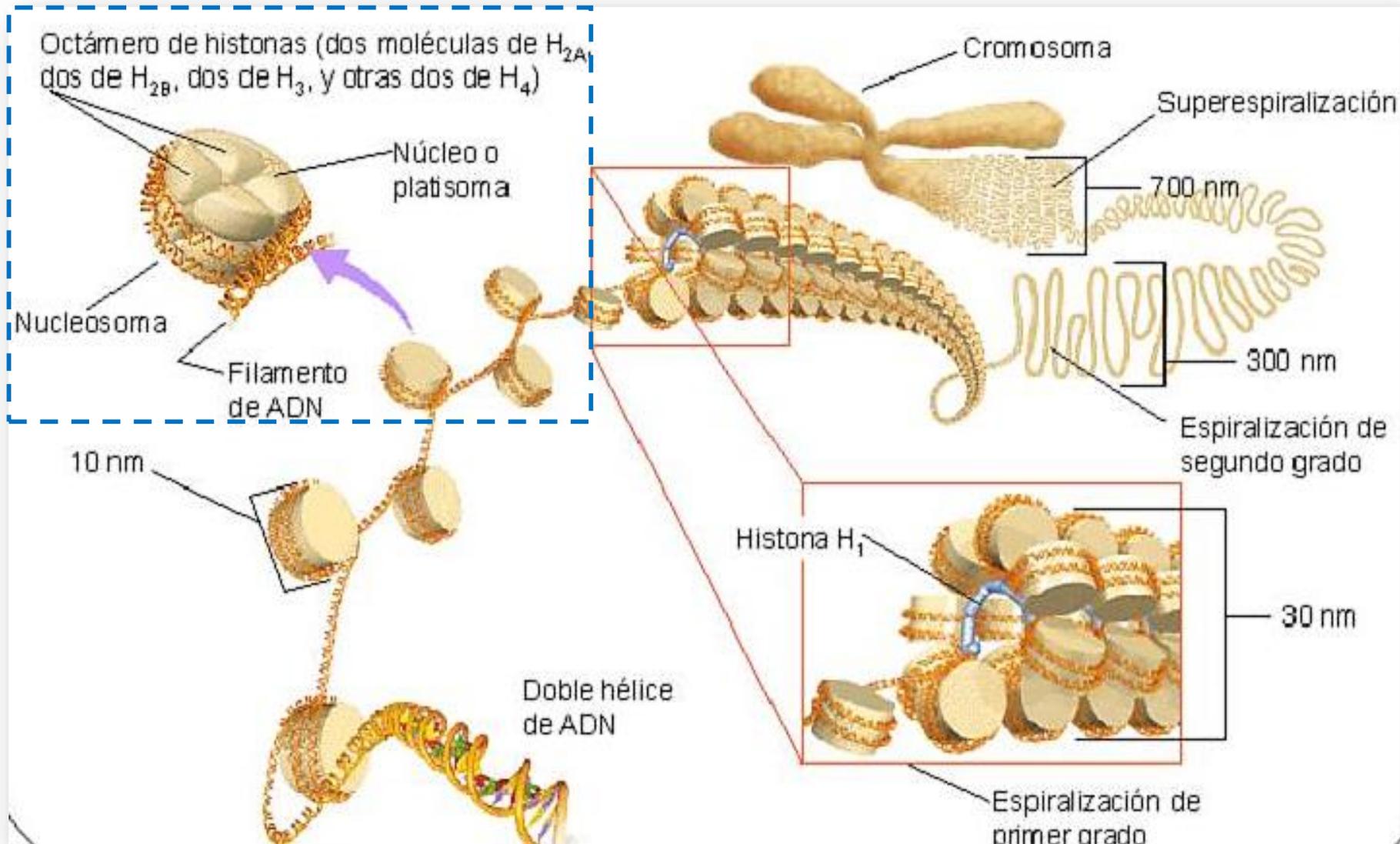
8 Esta fibra constituye la cromátide del cromosoma en división

250 nm

700 nm

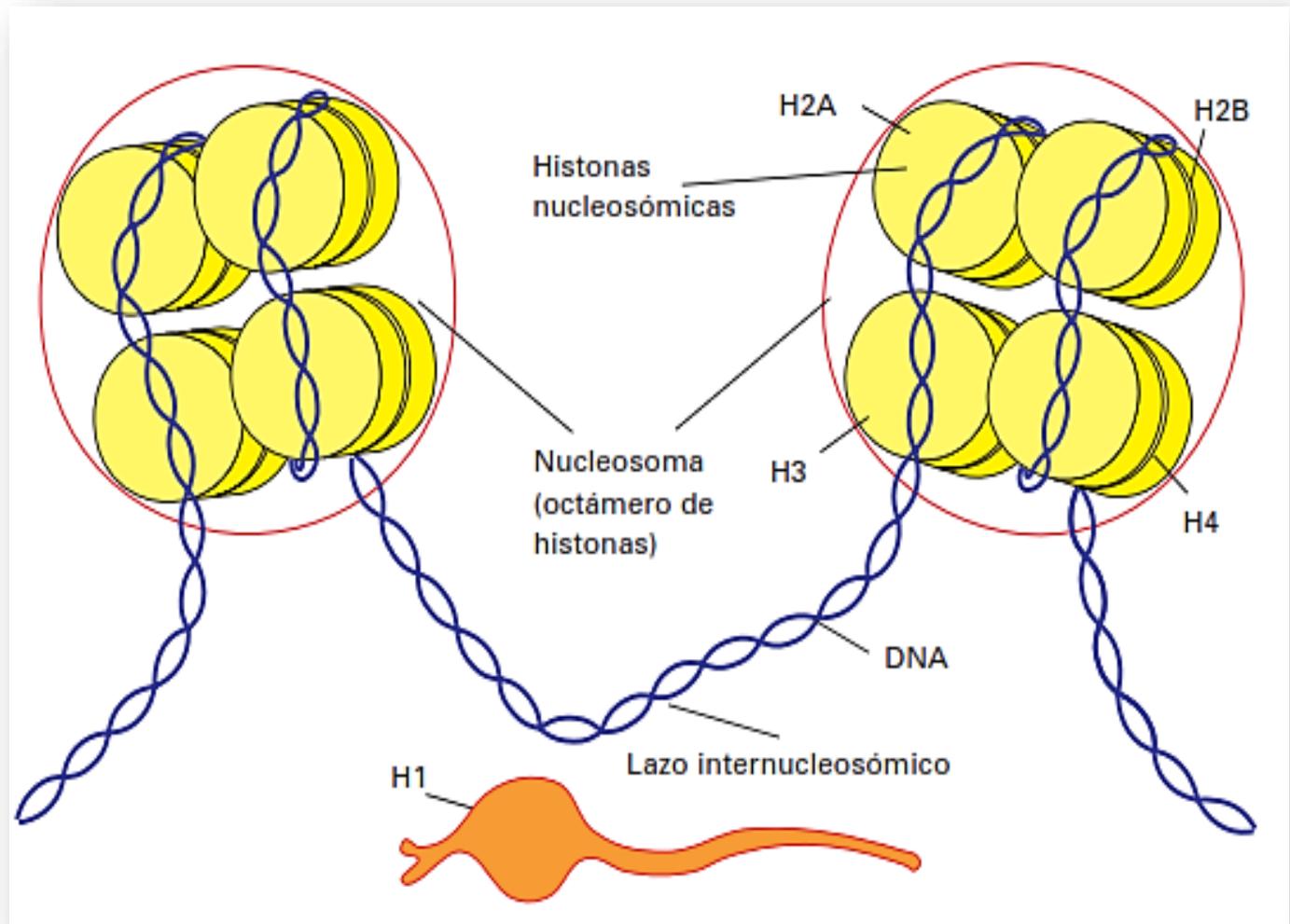
1400 nm

ULTRAESTRUCTURA DE LA CROMATINA

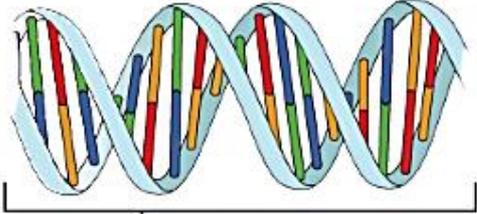
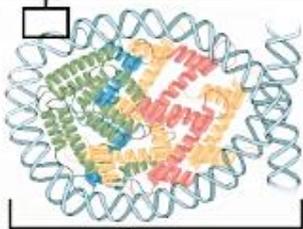
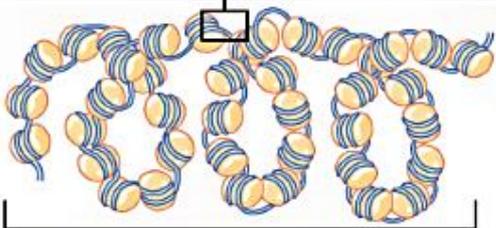
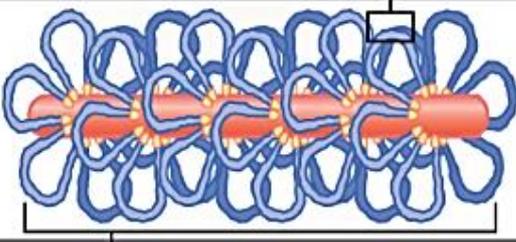
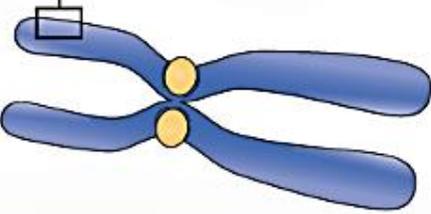


ESTRUCTURA DE LA CADENA DE NUCLEOSOMAS

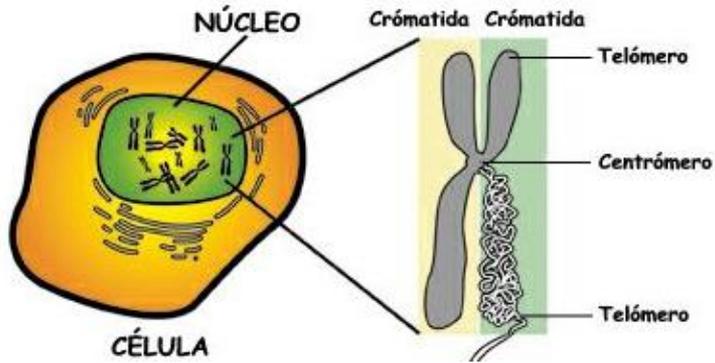
Las histonas H2A, H2B, H3 y H4 forman octámeros, de unos 10 nm de diámetro, sobre los que se enrolla el doble helicoide de DNA formando los nucleosomas. La histona H1 une los nucleosomas para formar las fibras de cromatina de 25 nm.



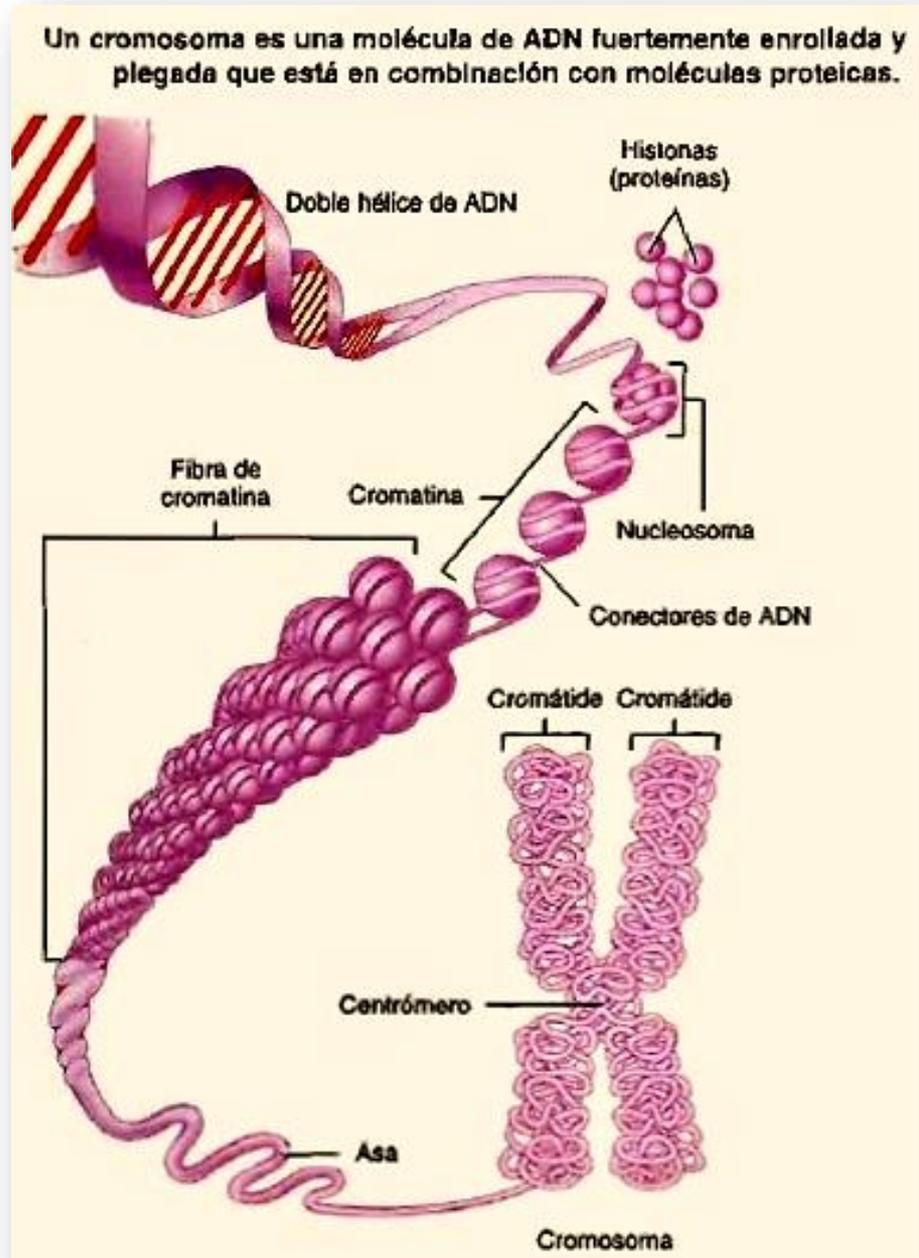
RESUMEN DEL NIVEL DE COMPACTACIÓN DE LA CROMATINA

Organización del cromosoma eucariota	
1 Doble hélice de ADN	
2 ADN enrollado en torno al nucleosoma	
5 Nucleosomas formando una fibra cromosómica	
7 Mayor condensación de la cromatina	
8 Cromosoma duplicado	

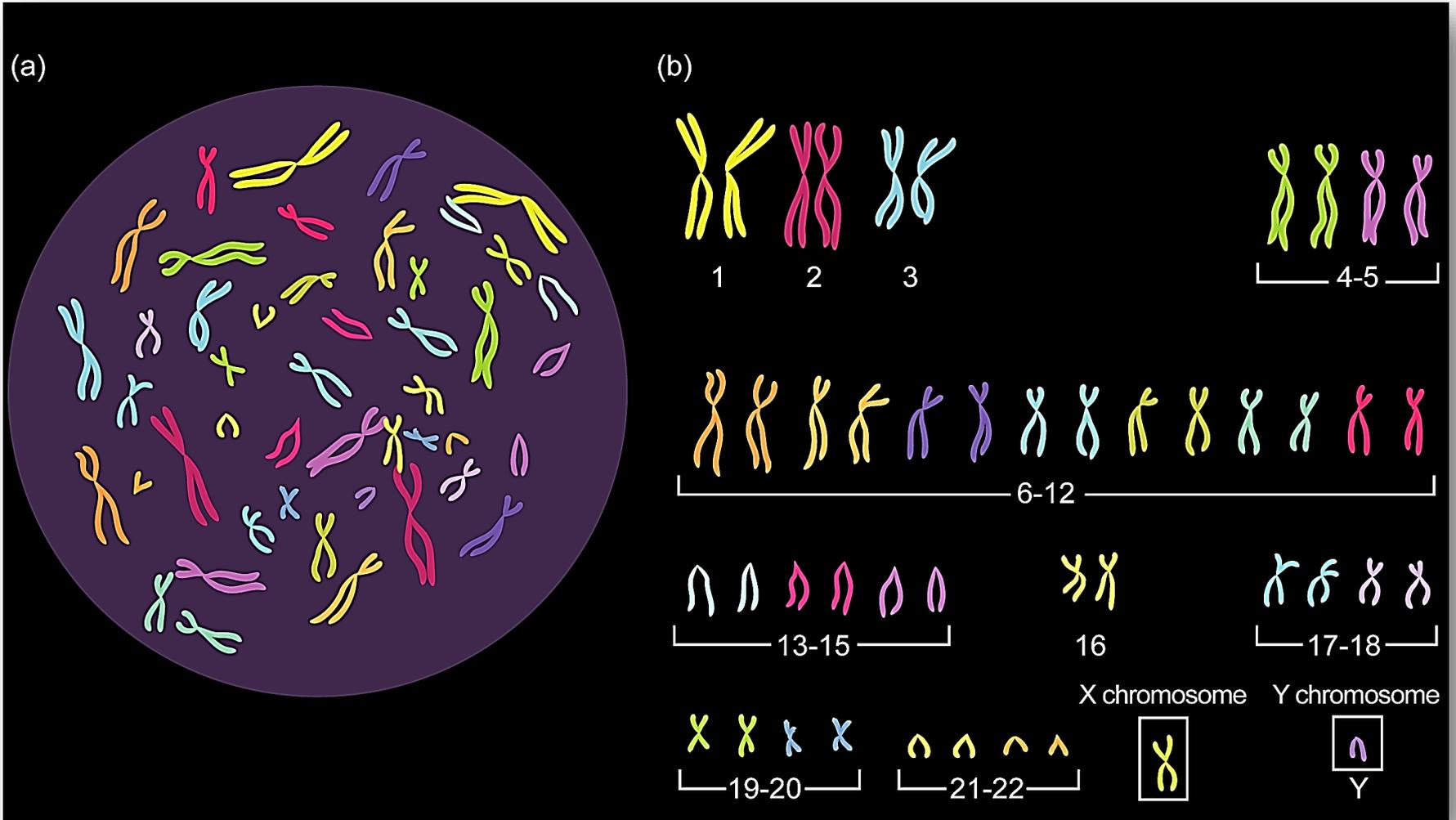
CROMOSOMA



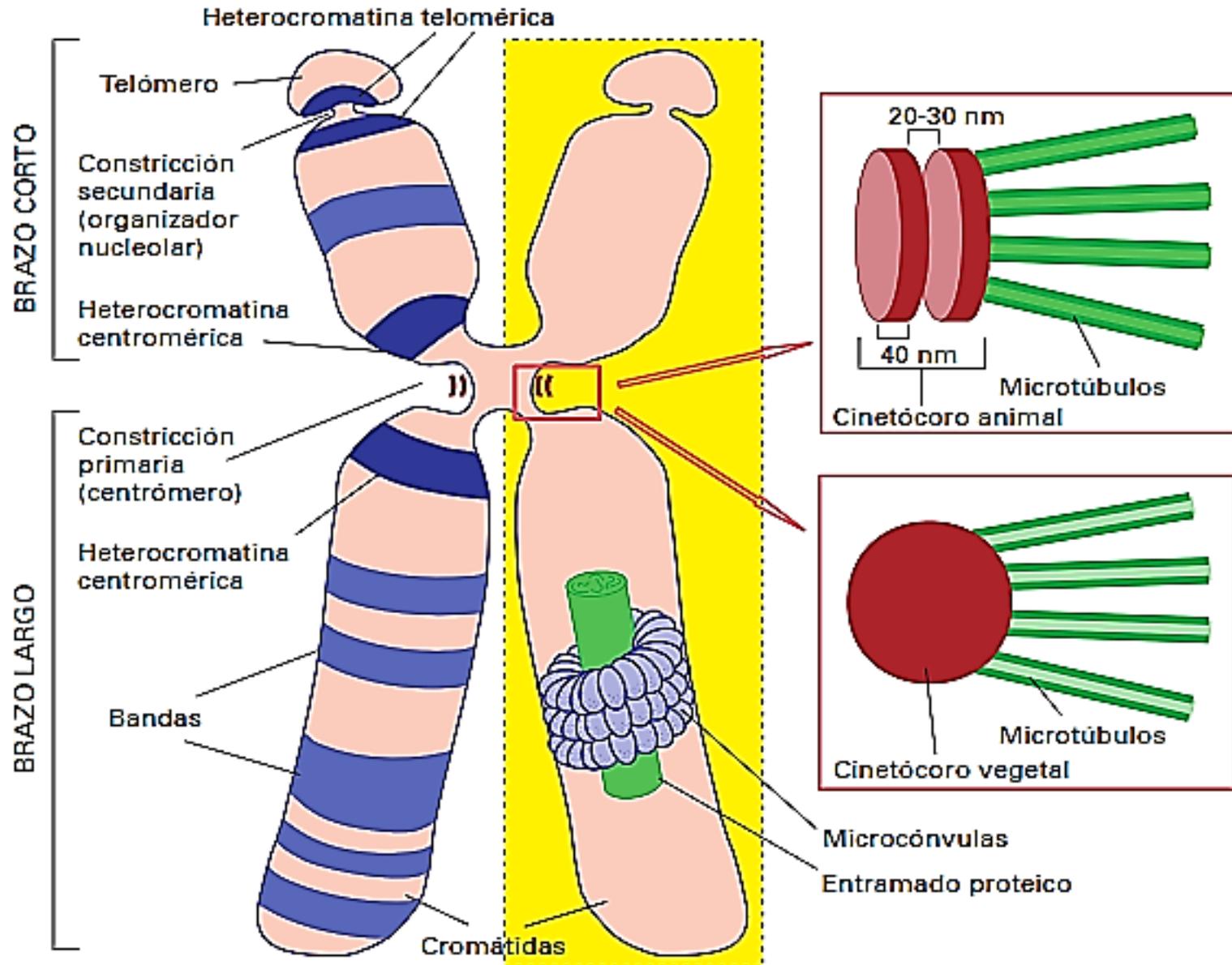
Los cromosomas son una herramienta para empaquetar y proteger el ADN durante la división celular.



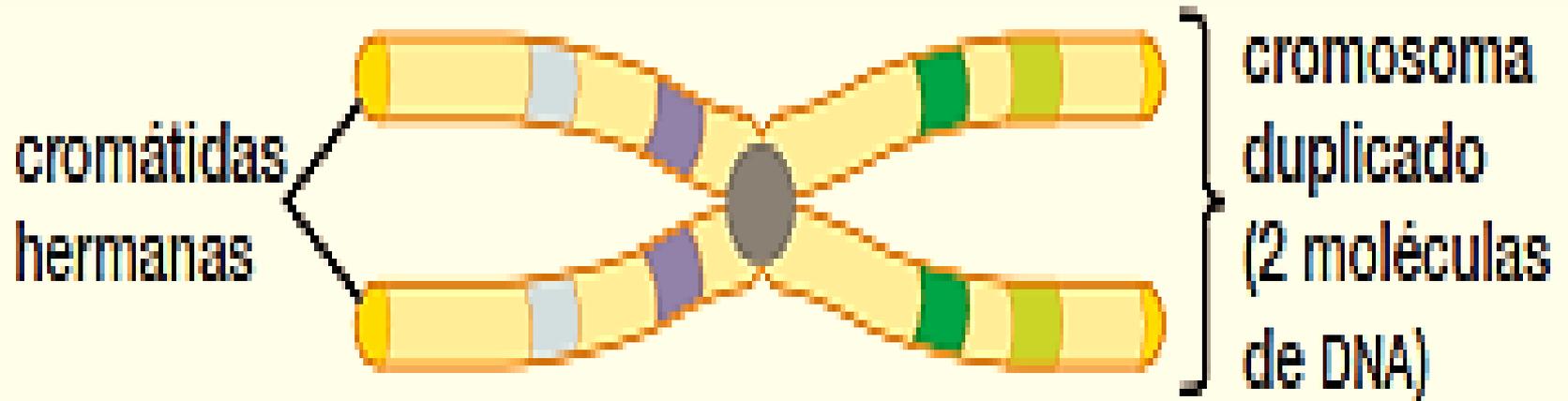
CROMOSOMAS Y DISTRIBUCIÓN



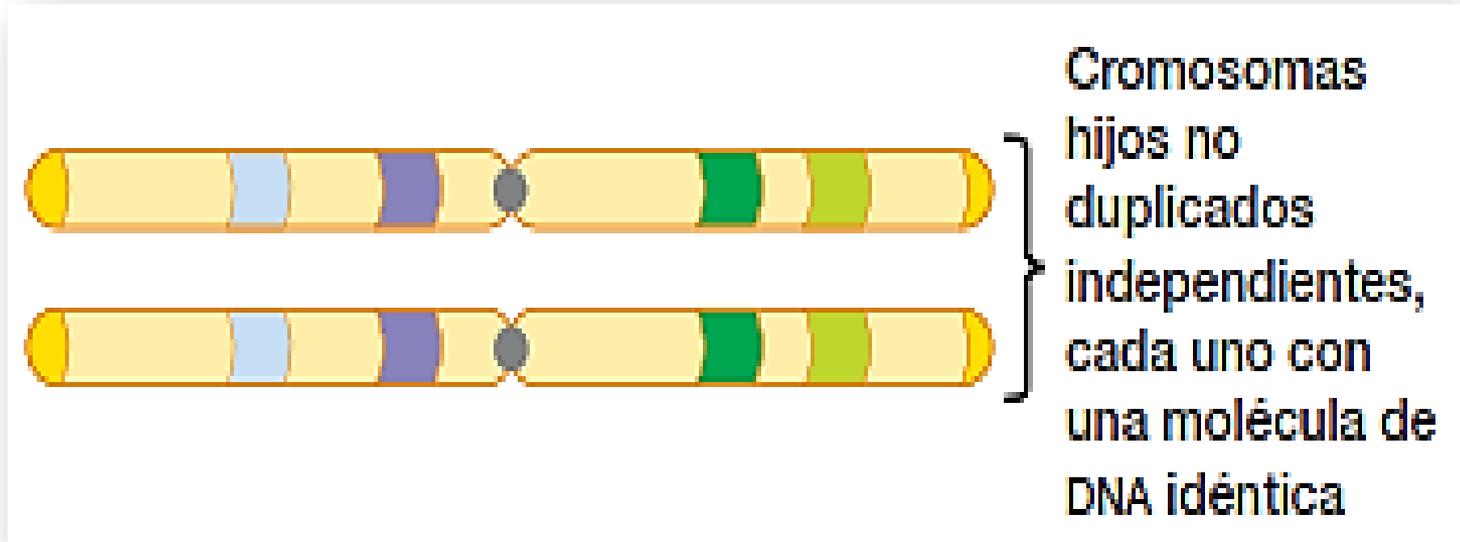
ESTRUCTURA DE UN CROMOSOMA



CROMOSOMA DUPLICADO CONSTA DE DOS CROMATIDAS HERMANAS



CROMÁTIDAS HERMANAS SEPARADAS



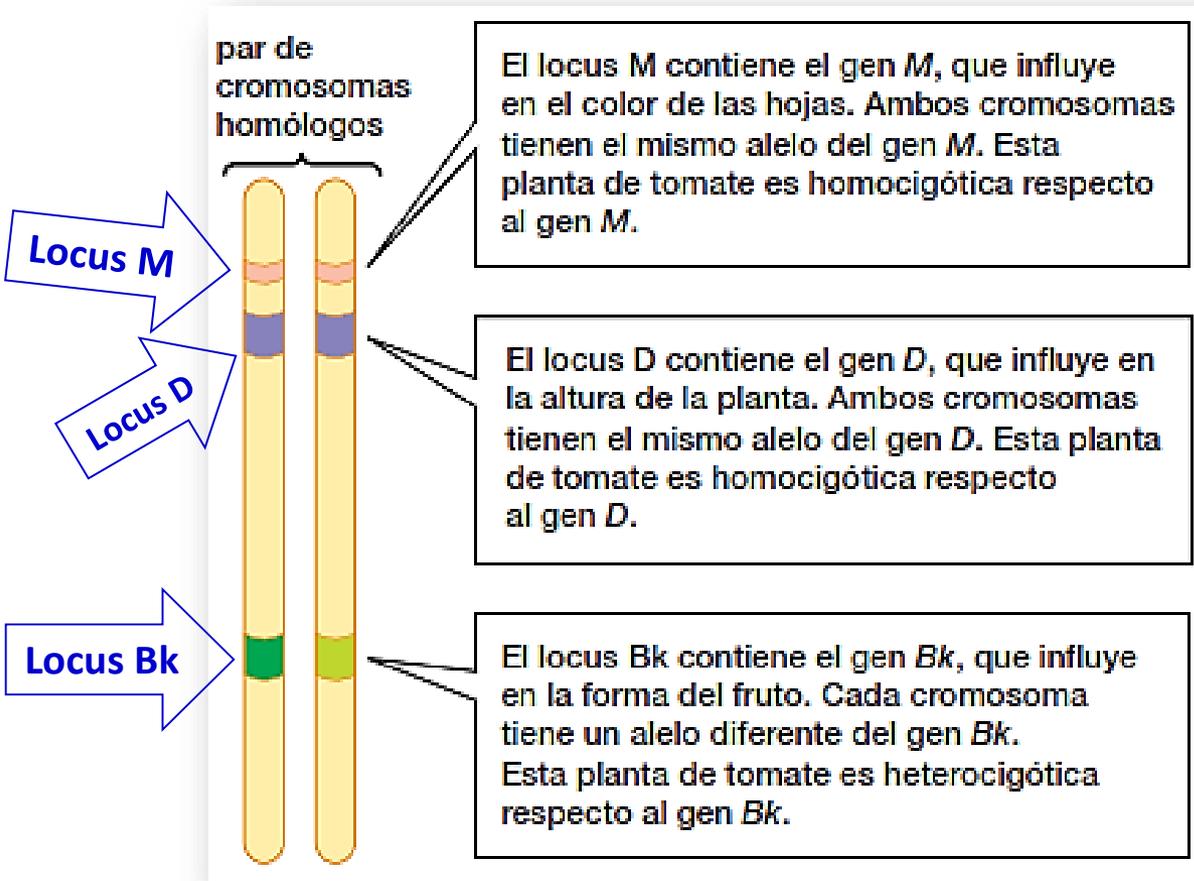
Durante la división celular mitótica, las dos cromátidas hermanas se separan y cada una se transforma en un **cromosoma no duplicado independiente** que es entregado a una de las dos células hijas

CROMOSOMAS HOMÓLOGOS Y ALELOS



Los cromosomas homólogos pueden tener los alelos iguales o diferentes de genes individuales.

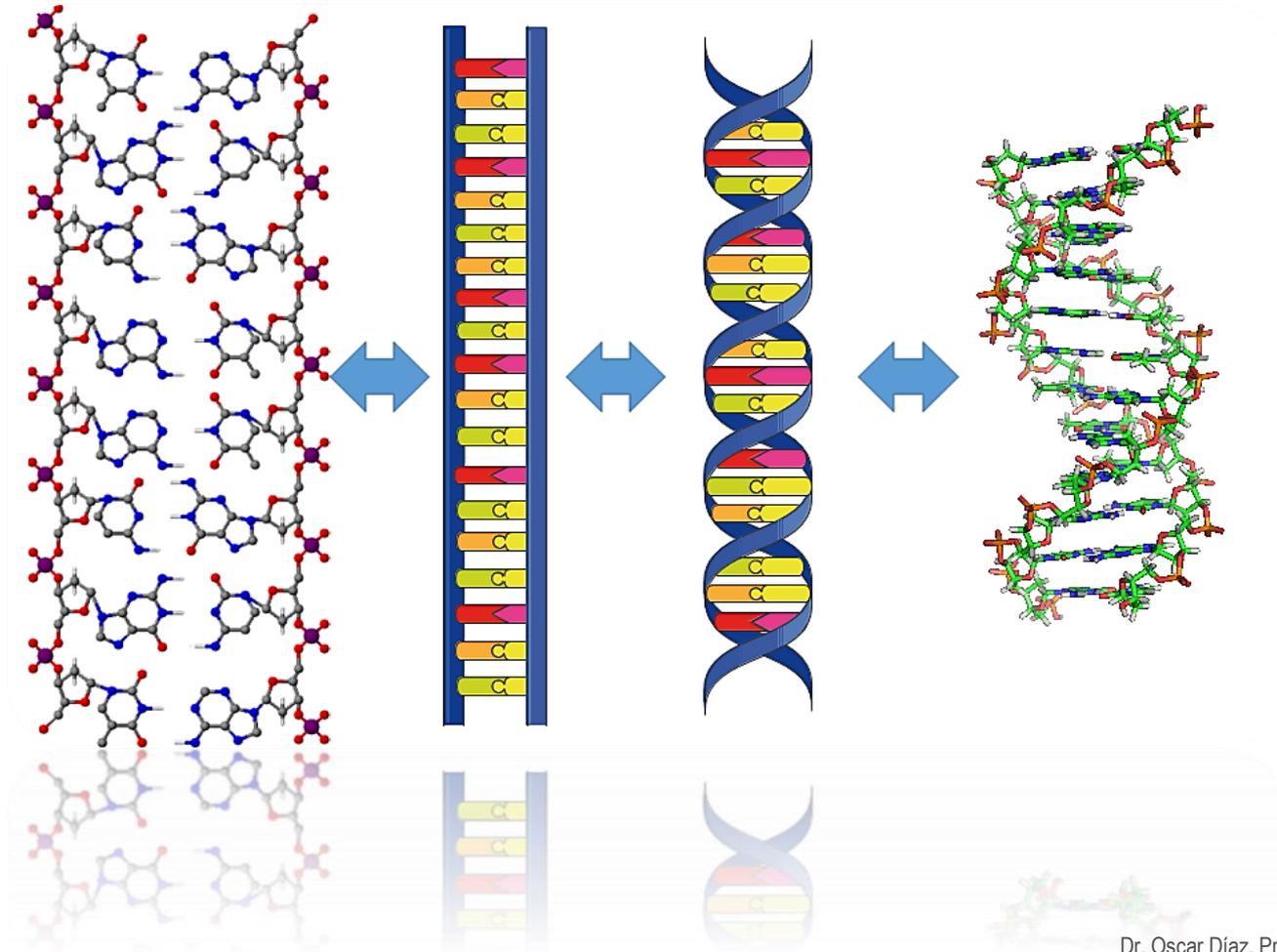
RELACIÓN ENTRE GENES Y ALELOS EN EL CROMOSOMA 1 DEL TOMATE



- Cada cromosoma homólogo tiene el mismo conjunto de genes.
- Cada gen está en la misma posición relativa (o locus), de su cromosoma.
- Las diferencias de la secuencia de nucleótidos en el mismo locus del gen producen diferentes alelos.
- Los organismos diploides tienen dos alelos de cada gen.

LA MOLÉCULA DE ADN

Es un ácido nucleico (polímero) resultante de la unión entre enlaces fosfodiéster de un número de unidades (monómeros) denominadas nucleótidos.

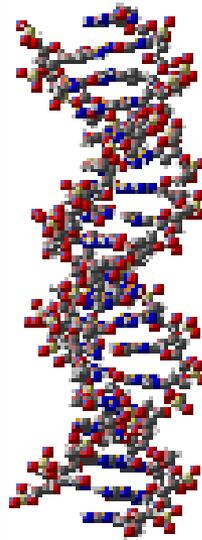


J. WATSON Y F. CRICK (1953)

Resuelven la estructura tridimensional del DNA
(Nature 171: 737-738)



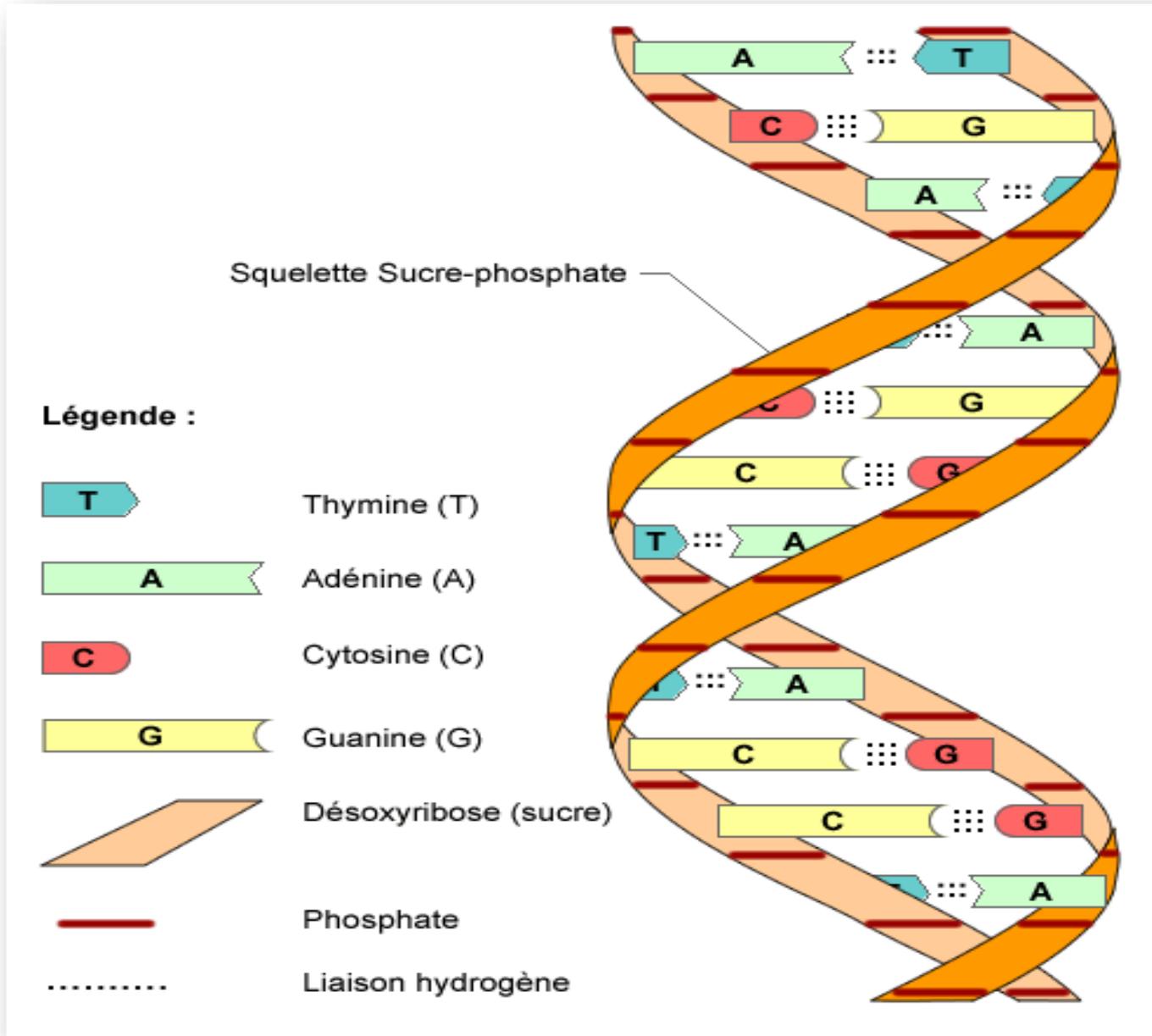
Francis Crick y James Watson



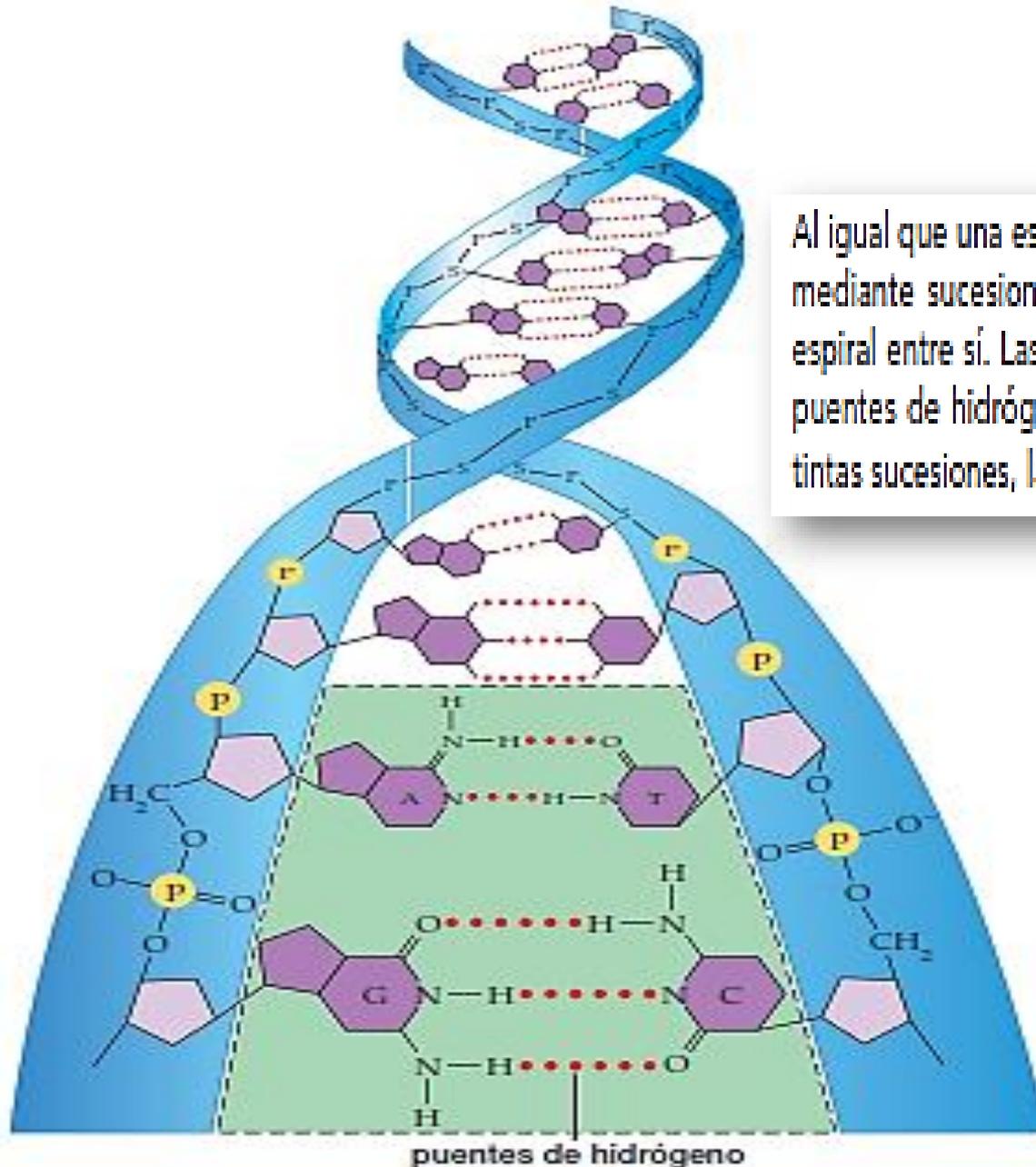
ADN



LA MOLÉCULA DE ADN

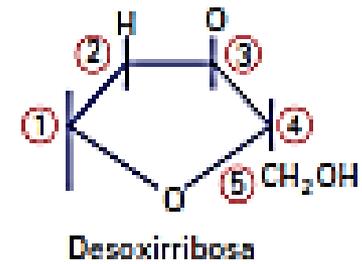
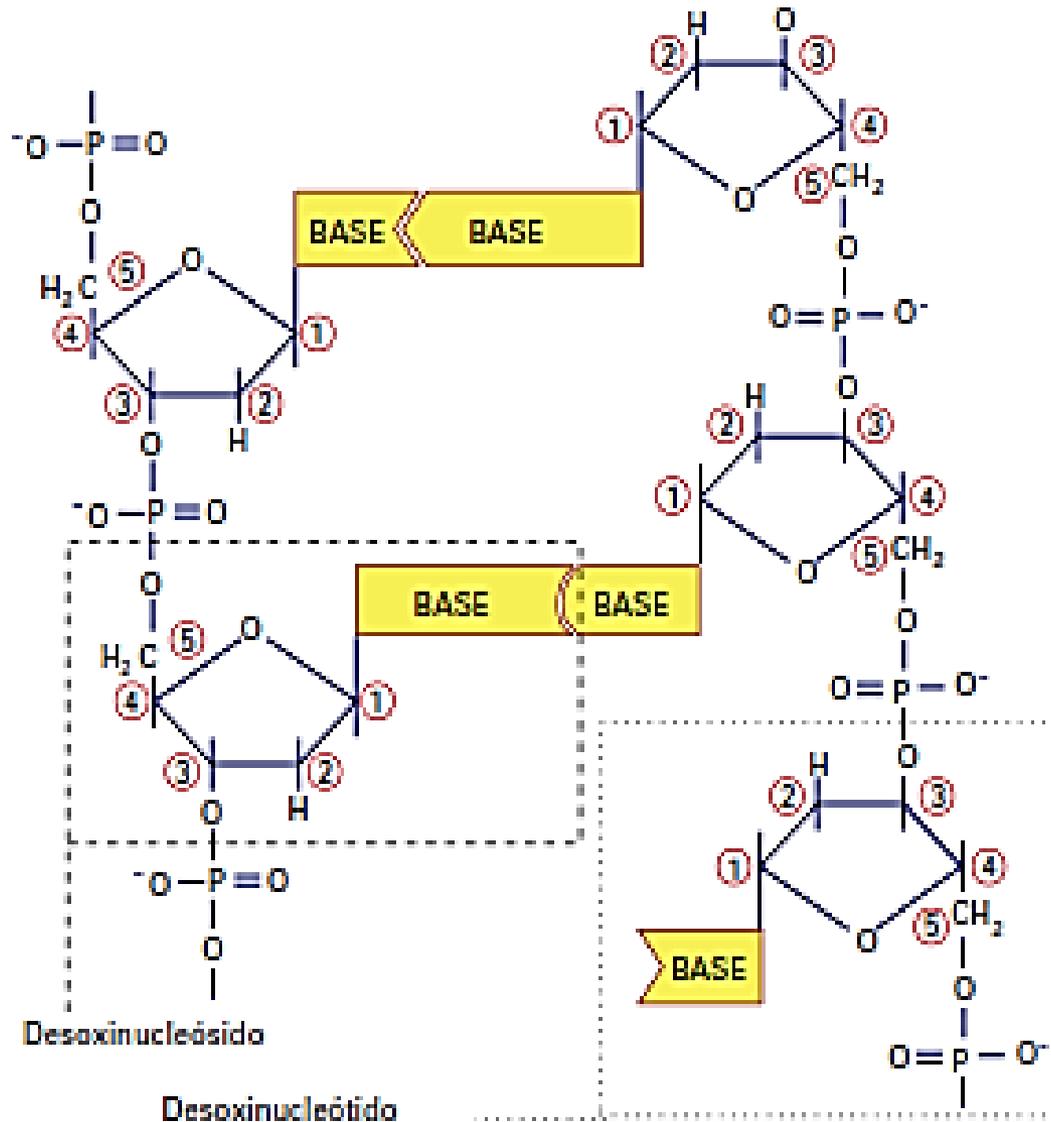


ENLACES DE HIDROGENOS

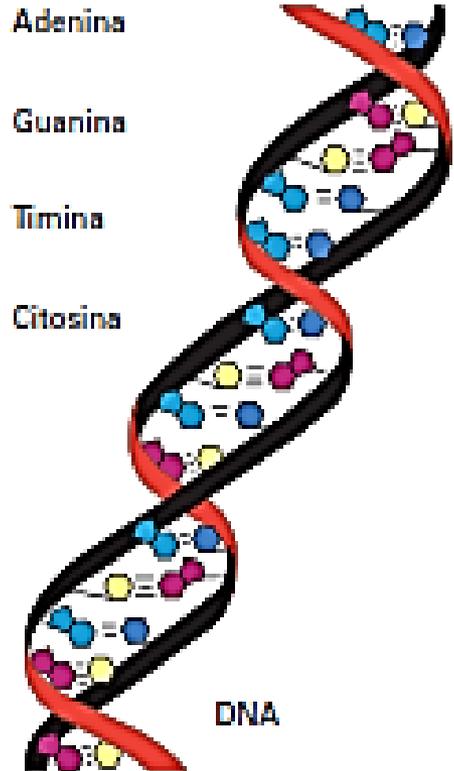


Al igual que una escalera torcida, la doble hélice de DNA se forma mediante sucesiones helicoidales de nucleótidos que hacen una espiral entre sí. Las dos secuencias se mantienen unidas mediante puentes de hidrógeno que unen las bases de nucleótidos de distintas sucesiones, las cuales forman los "peldaños" de la escalera.

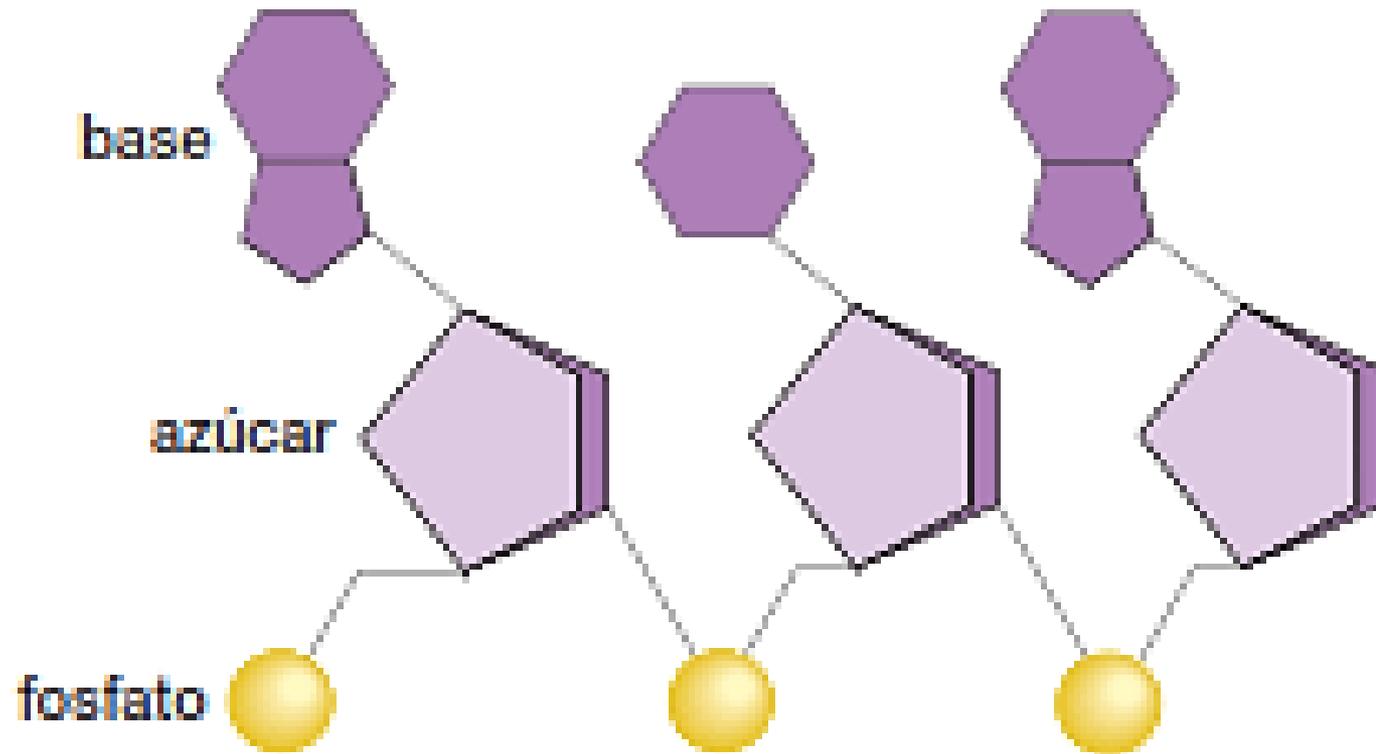
ESTRUCTURA MOLECULAR DEL ADN



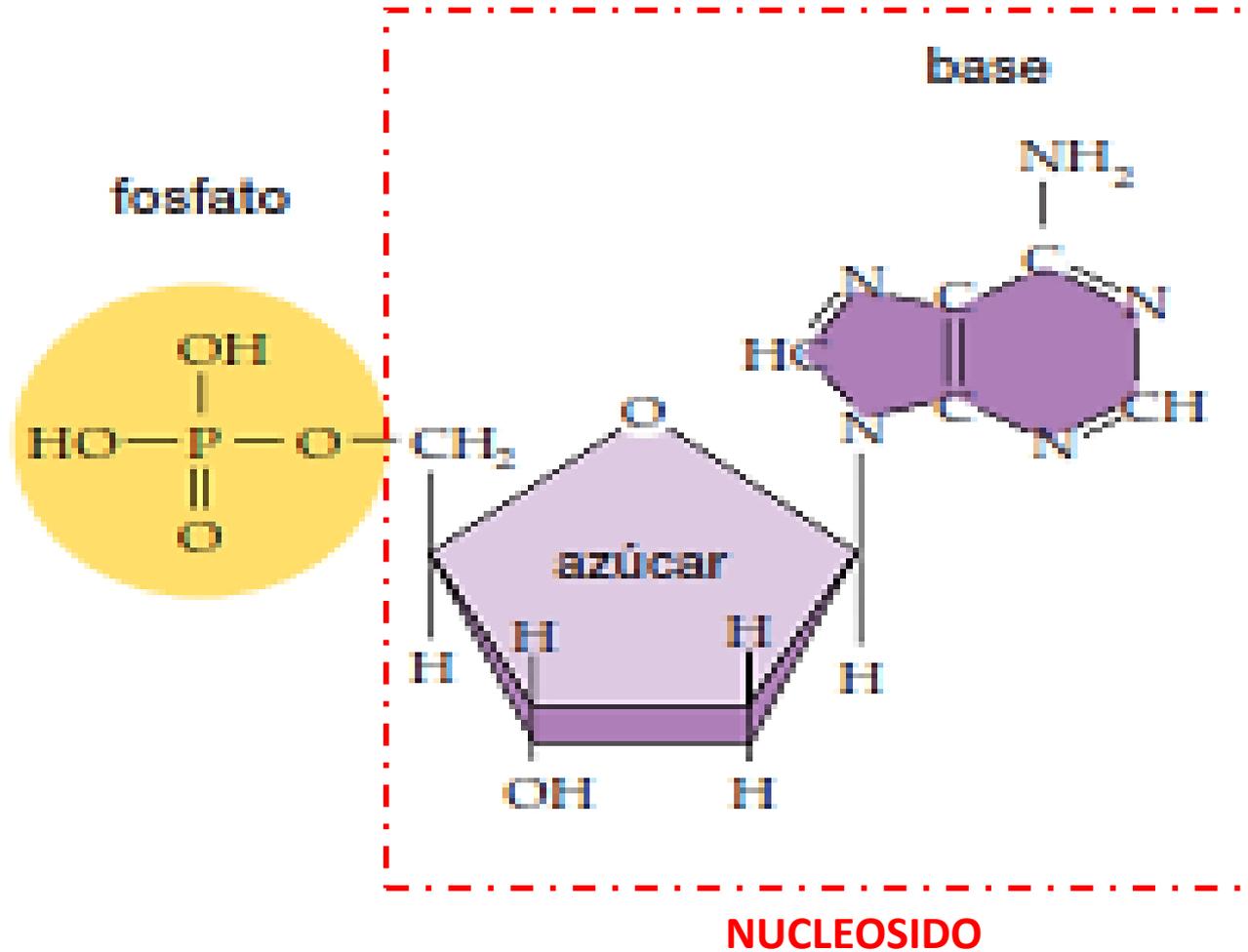
- Adenina
- Guanina
- Timina
- Citosina



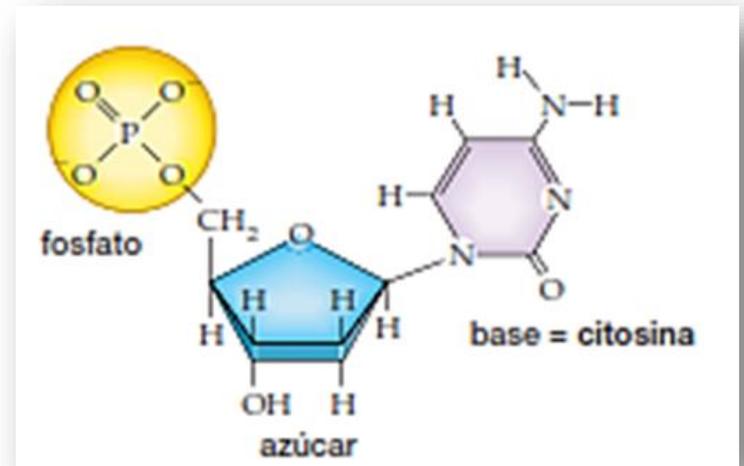
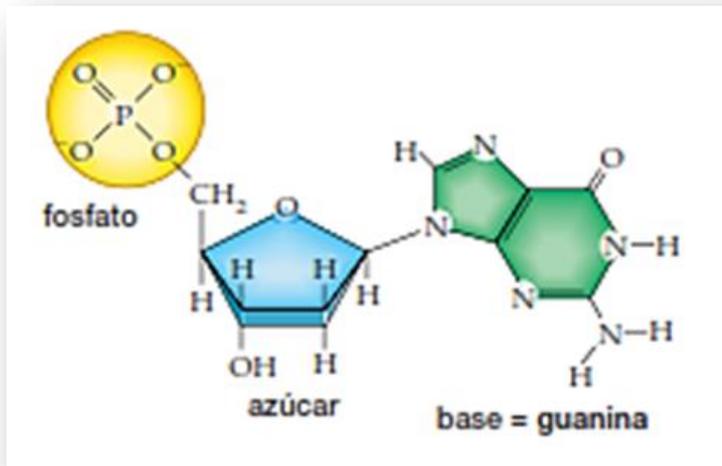
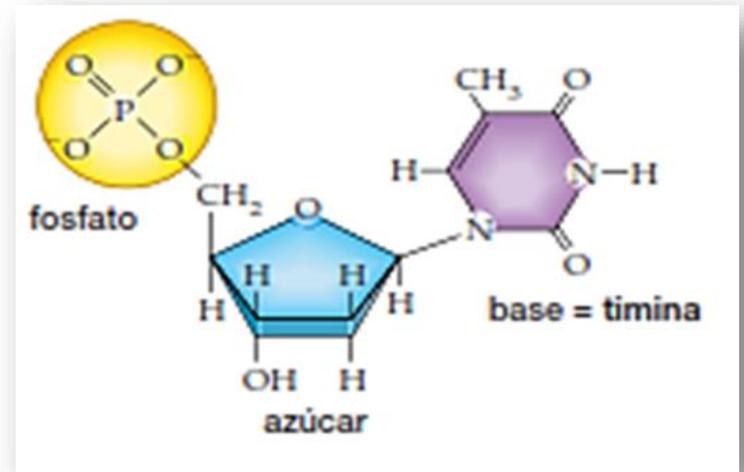
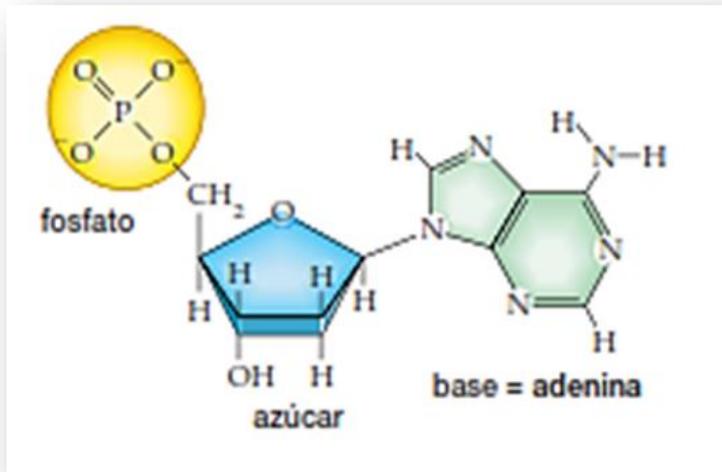
CADENA DE NUCLEÓTIDOS



NUCLEÓTIDO DE DESOXIRRIBOSA



NUCLEÓTIDOS DEL ADN



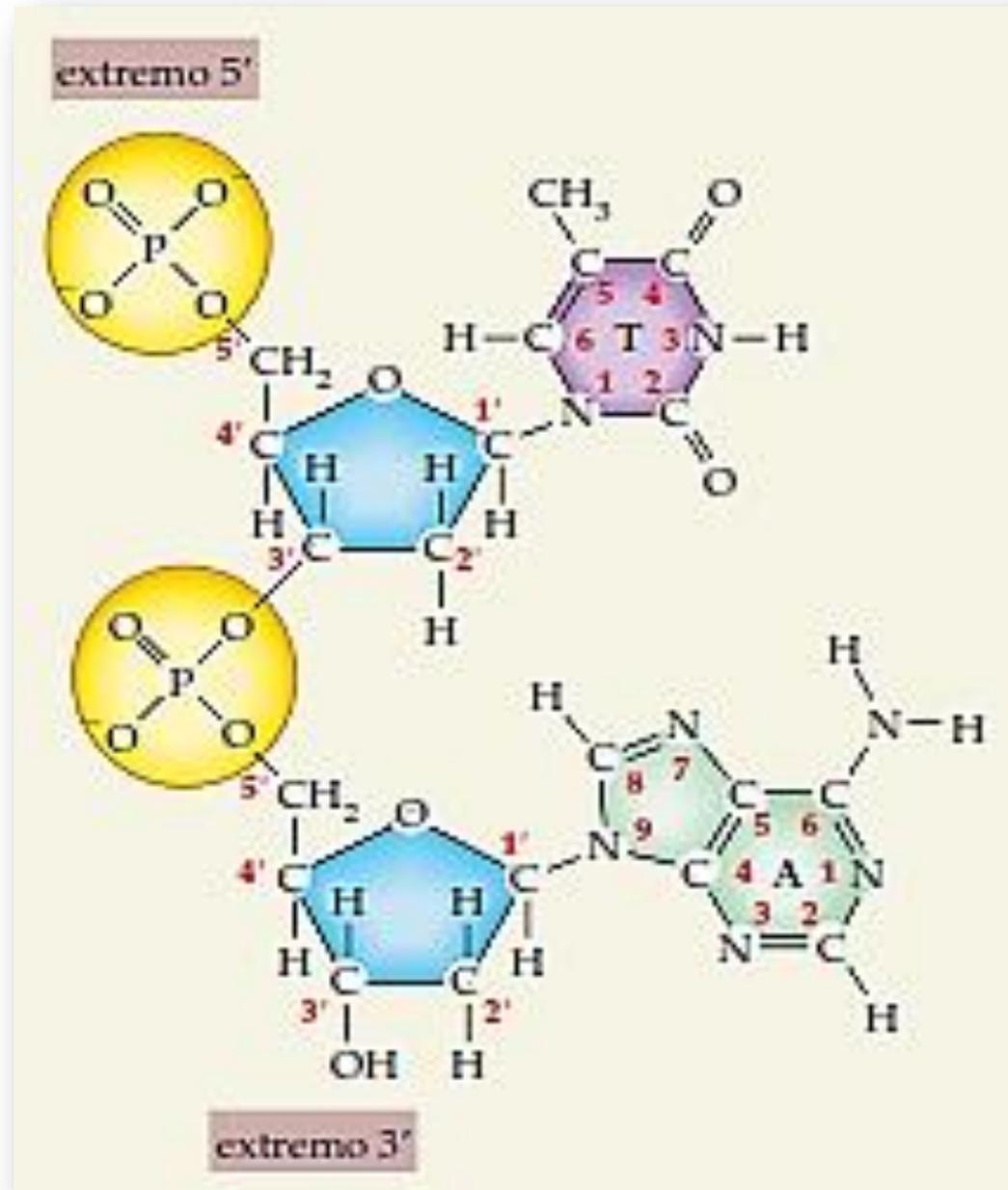
COMPLEMENTARIEDAD ENTRE LAS BASES

Las bases de ambas cadenas se mantienen unidas por enlaces de hidrógeno.

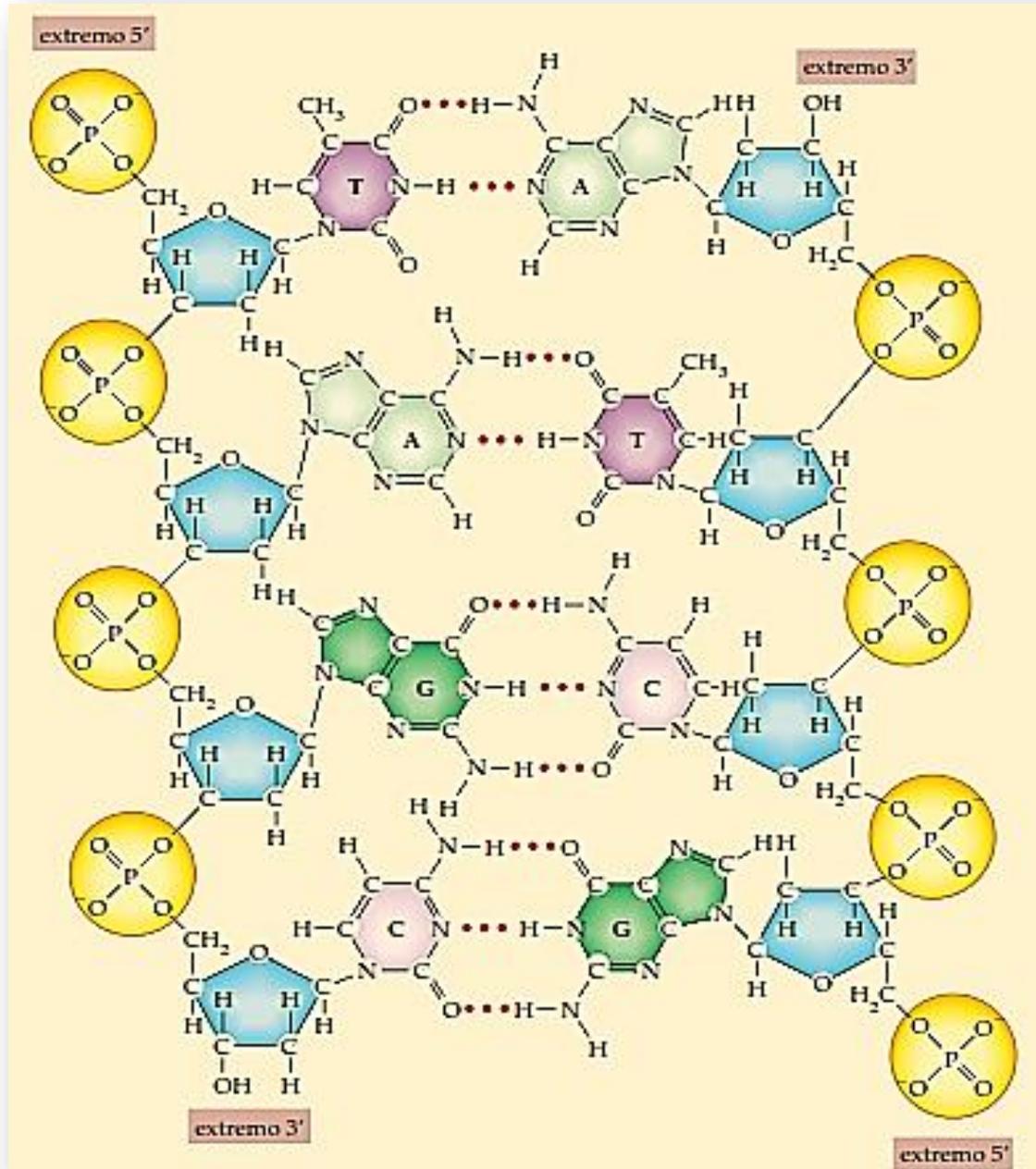


El número de enlaces de hidrógeno depende de la complementariedad de las bases.

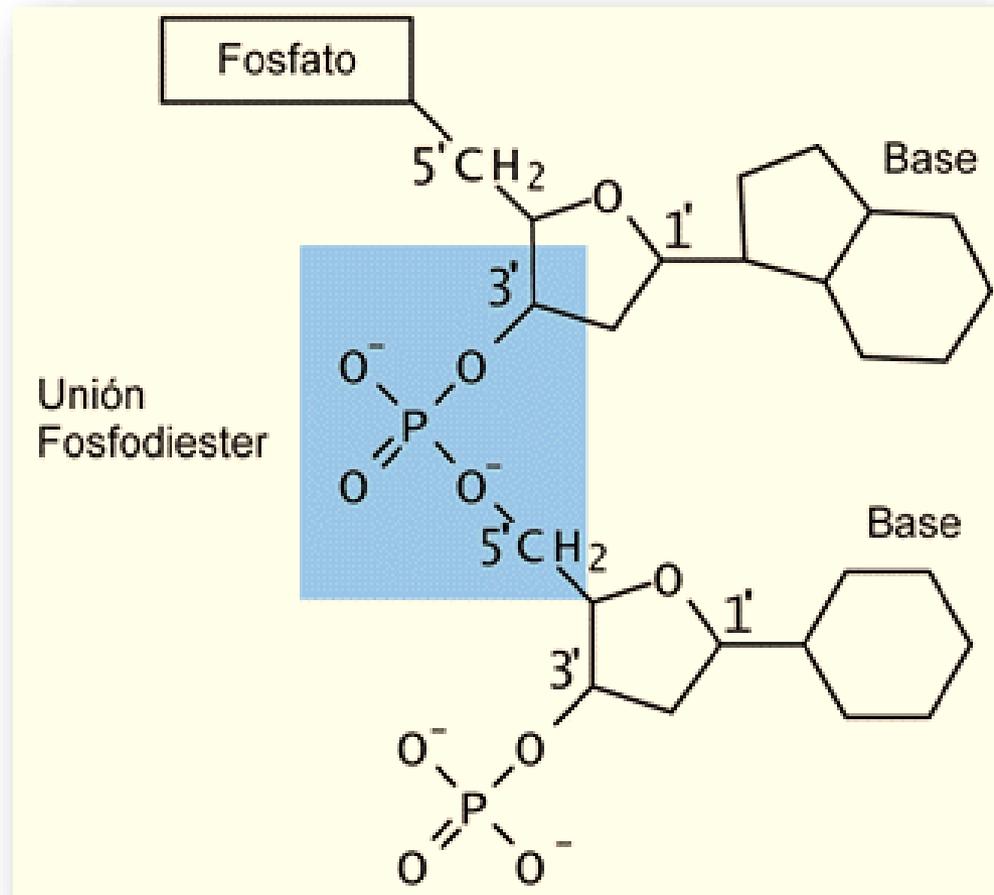
NUMERACIÓN DE LOS ATOMOS DE CARBONO DE UN DI-NUCLEÓTIDO



LAS DOS CADENAS DE ADN DE DOBLE HÉLICE SON ANTIPARALELAS



UNIÓN FOSFODIESTER



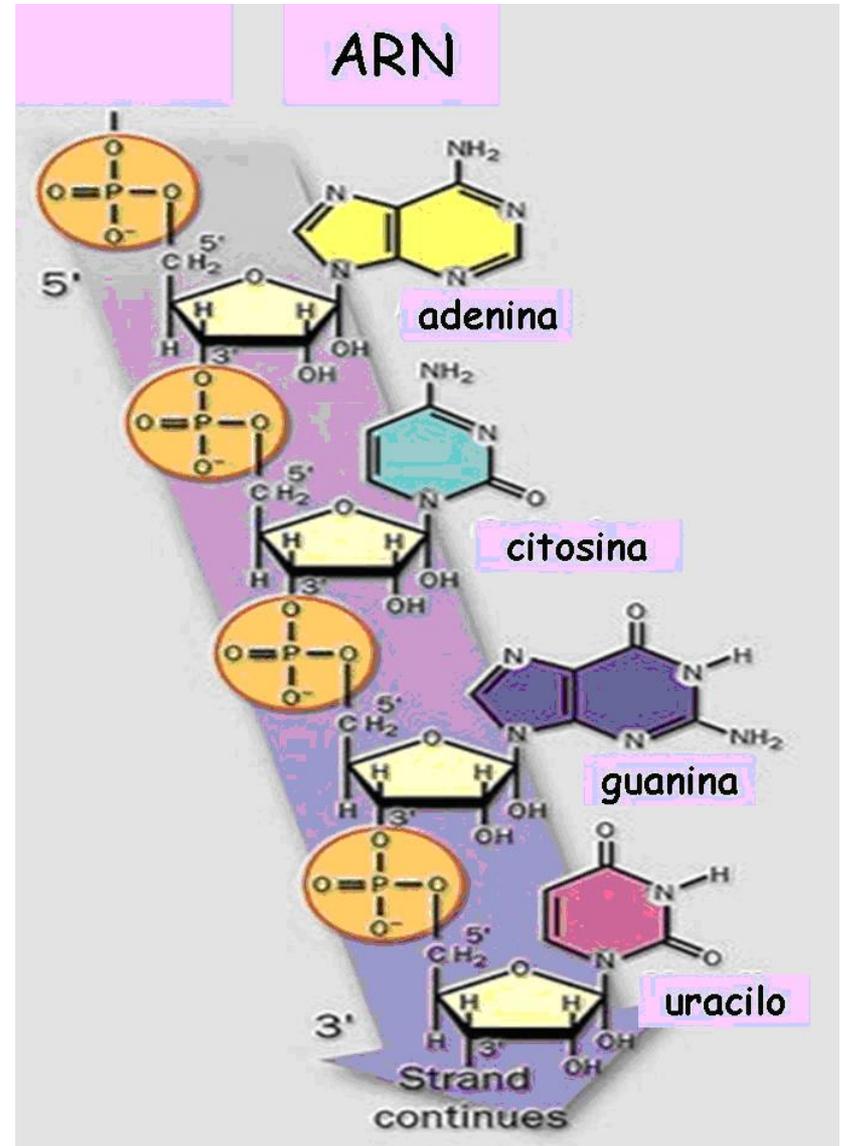
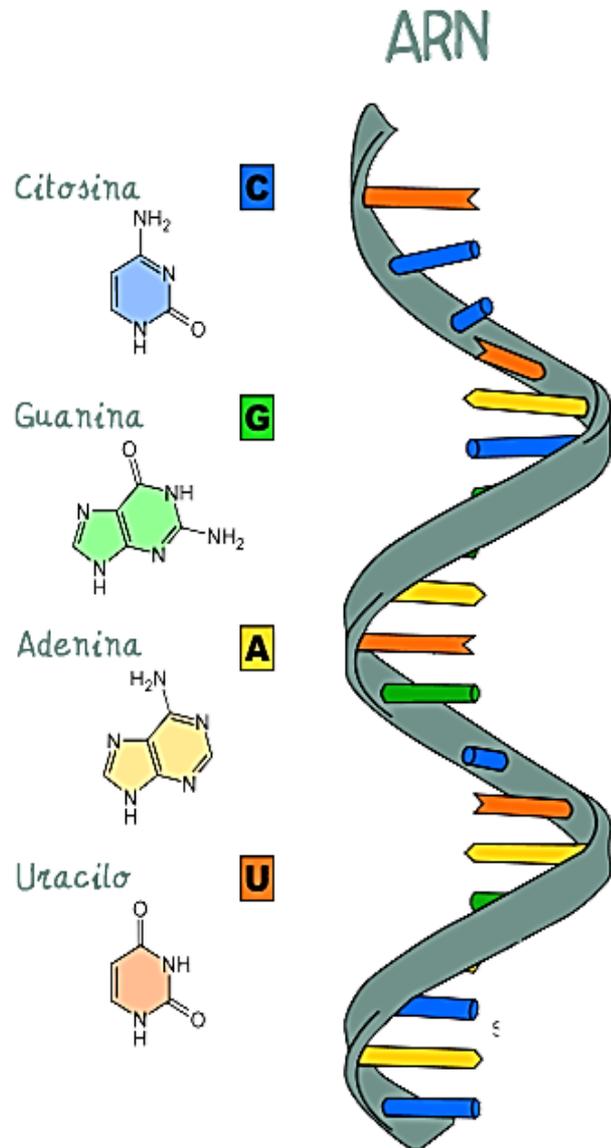
¿Qué enlace sería más fácil de romper: un par de bases A-T o un par de bases C-G?

EJERCICIO

Una secuencia escrita en la nomenclatura estándar: 5'-ATGTCTGCGAT-3'
Indique cuales moléculas de las siguientes 7 opciones corresponden a esa doble cadena de ADN.

	<u>Secuencia</u>	<u>corresponde:</u>	<u>Si</u>	<u>No</u>
	3'-ATGTCTGCGAT-5'		0	0
	5'-ATGTCTGCGAT-3'		0	0
	3'-ATCGCAGACAT-5'		0	0
	5'-ATCGCAGACAT-3'		0	0
	5'-TAGCGTCTGTA-3'		0	0
	3'-TAGCGTCTGTA-5'		0	0
	3'-TACAGACGCTA-5'		0	0

ARN



COMPARACION ENTRE ADN Y ARN

	Estructura	Azúcar	Bases Nitrogenadas	Ubicación	Función
ADN	 Doble Hélice	Desoxirribosa	<ul style="list-style-type: none">• Alanina• Guanina• Citosina• Timina	<ul style="list-style-type: none">• Núcleo• Mitocondria• Cloroplastos	<ul style="list-style-type: none">• Herencia• Evolución• Reproducción• Síntesis de Proteínas
ARN	 Una sola Hélice	Ribosa	<ul style="list-style-type: none">• Alanina• Guanina• Citosina• Uracilo	<ul style="list-style-type: none">• Nucleolo• Citoplasma• Ribosomas	<ul style="list-style-type: none">• Síntesis de Proteínas

COMPARACION ENTRE ADN Y ARN

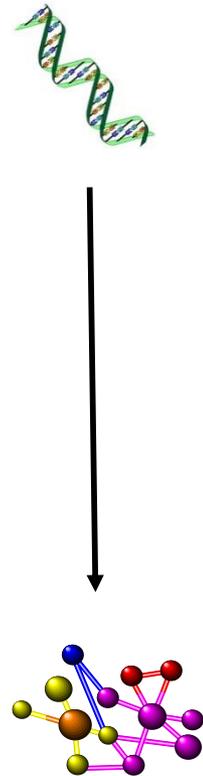
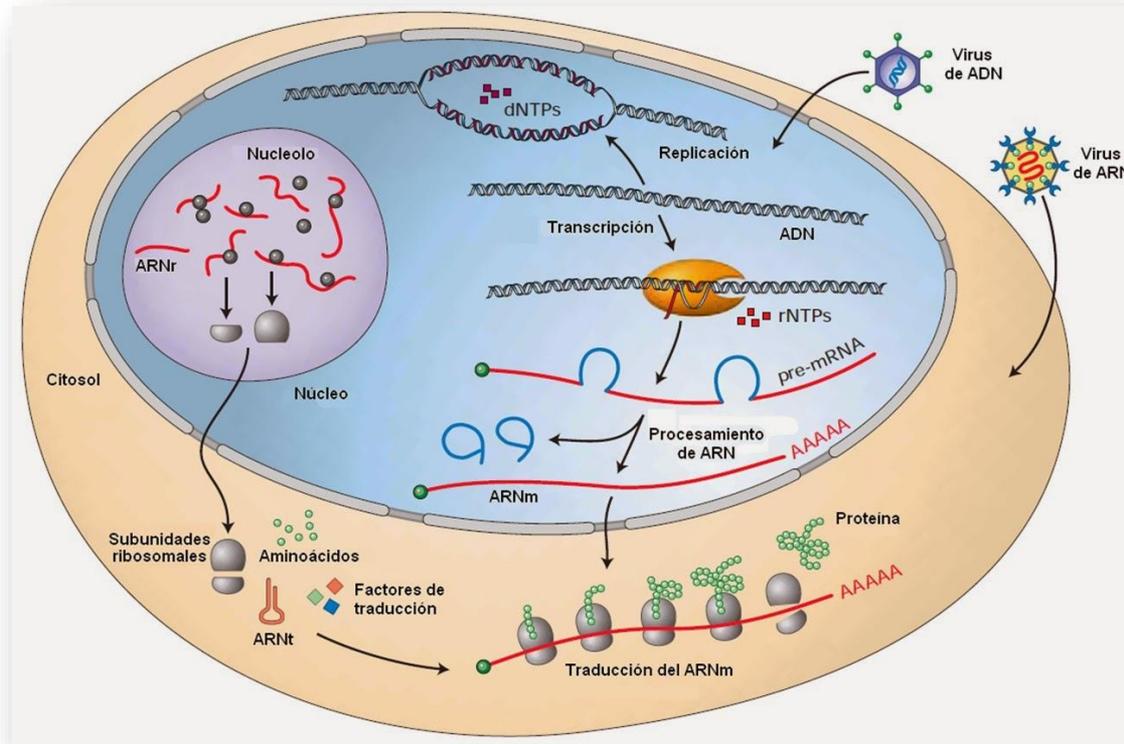
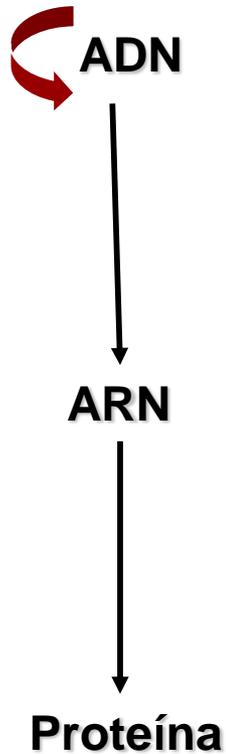
	DNA	RNA	
Cadenas	2	1	
Azúcar	Desoxirribosa	Ribosa	
Tipos de bases	adenina (A), timina (T), citosina (C), guanina (G)	adenina (A), uracilo (U), citosina (C), guanina (G)	
Pares de bases	DNA-DNA	RNA-DNA	RNA-RNA
	A-T	A-T	A-U
	T-A	U-A	U-A
	C-G	C-G	C-G
	G-C	G-C	G-C
Función	Contiene genes; en la mayoría de éstos la secuencia de bases determina la secuencia de aminoácidos de una proteína	RNA mensajero (RNA _m): lleva el código de un gen codificador de proteína del DNA a los ribosomas	
		RNA ribosómico (RNA _r): se combina con proteínas para formar ribosomas, que son las estructuras que enlazan aminoácidos para formar proteínas	
		RNA de transferencia (RNA _t): lleva los aminoácidos a los ribosomas	

Francis Crick (1957)

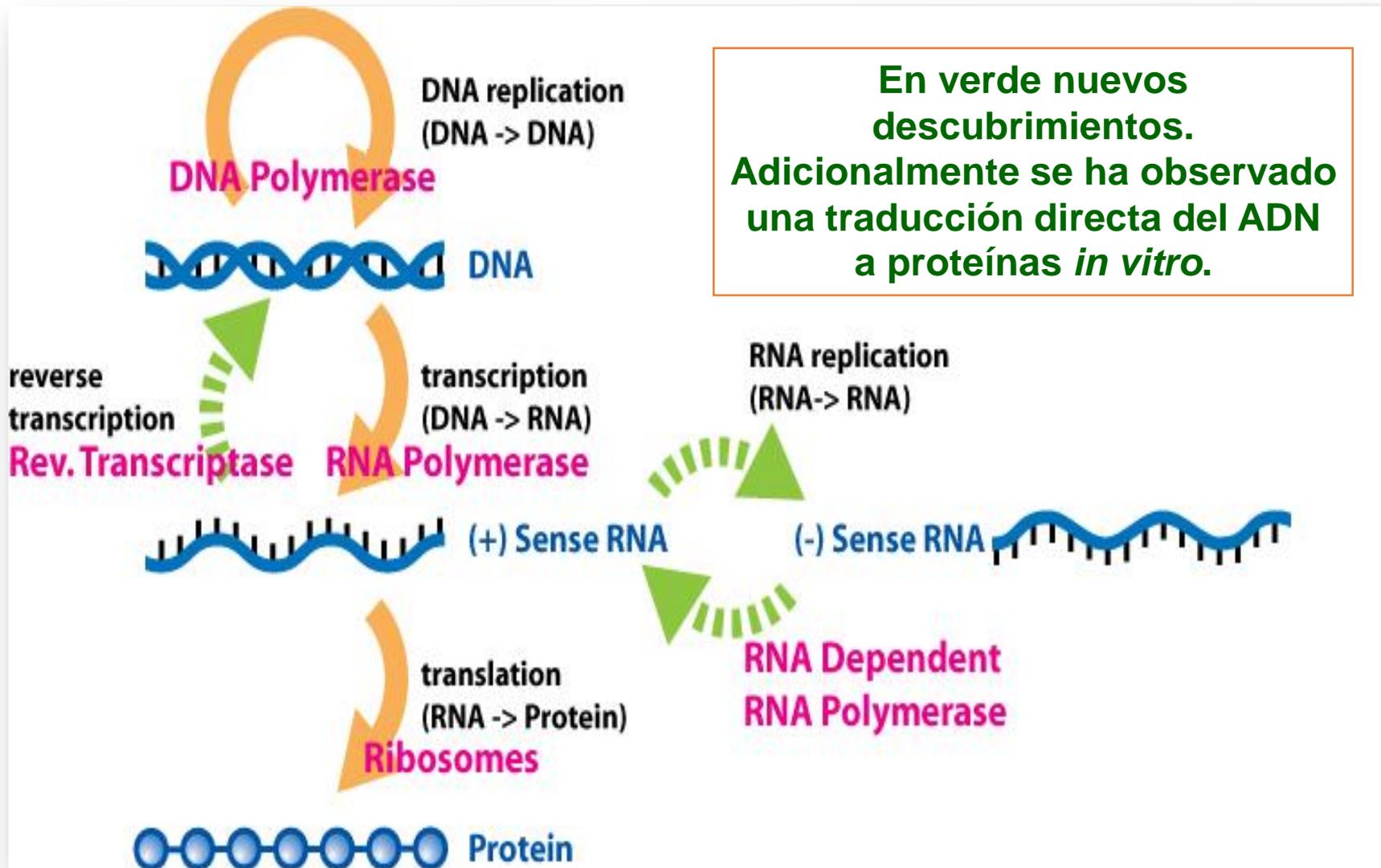
1953

1957

Propone el Dogma Central de la Biología Molecular

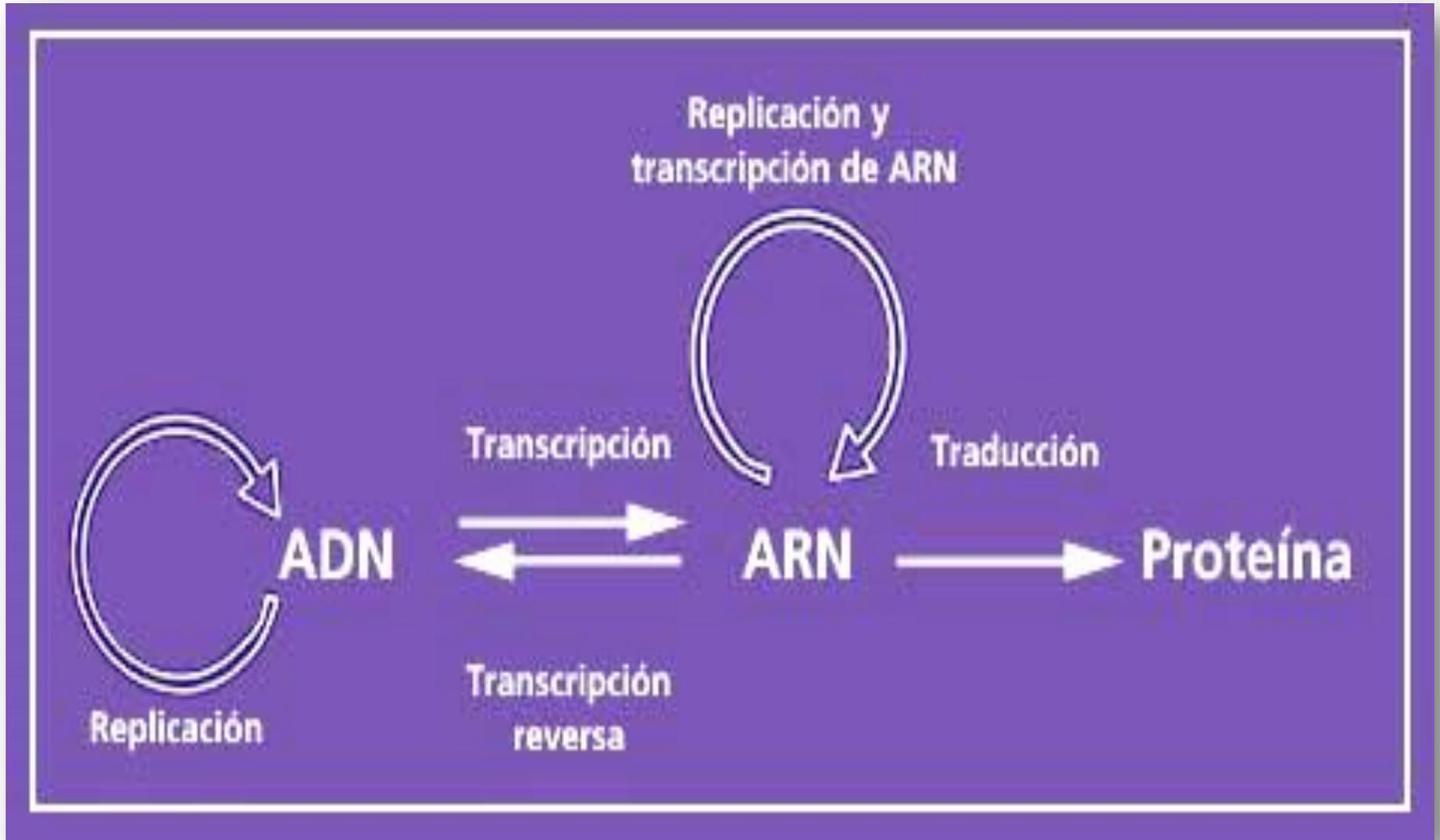


NUEVOS DESCUBRIMIENTOS AL DOGMA CENTRAL DE LA BIOLOGIA MOLECULAR

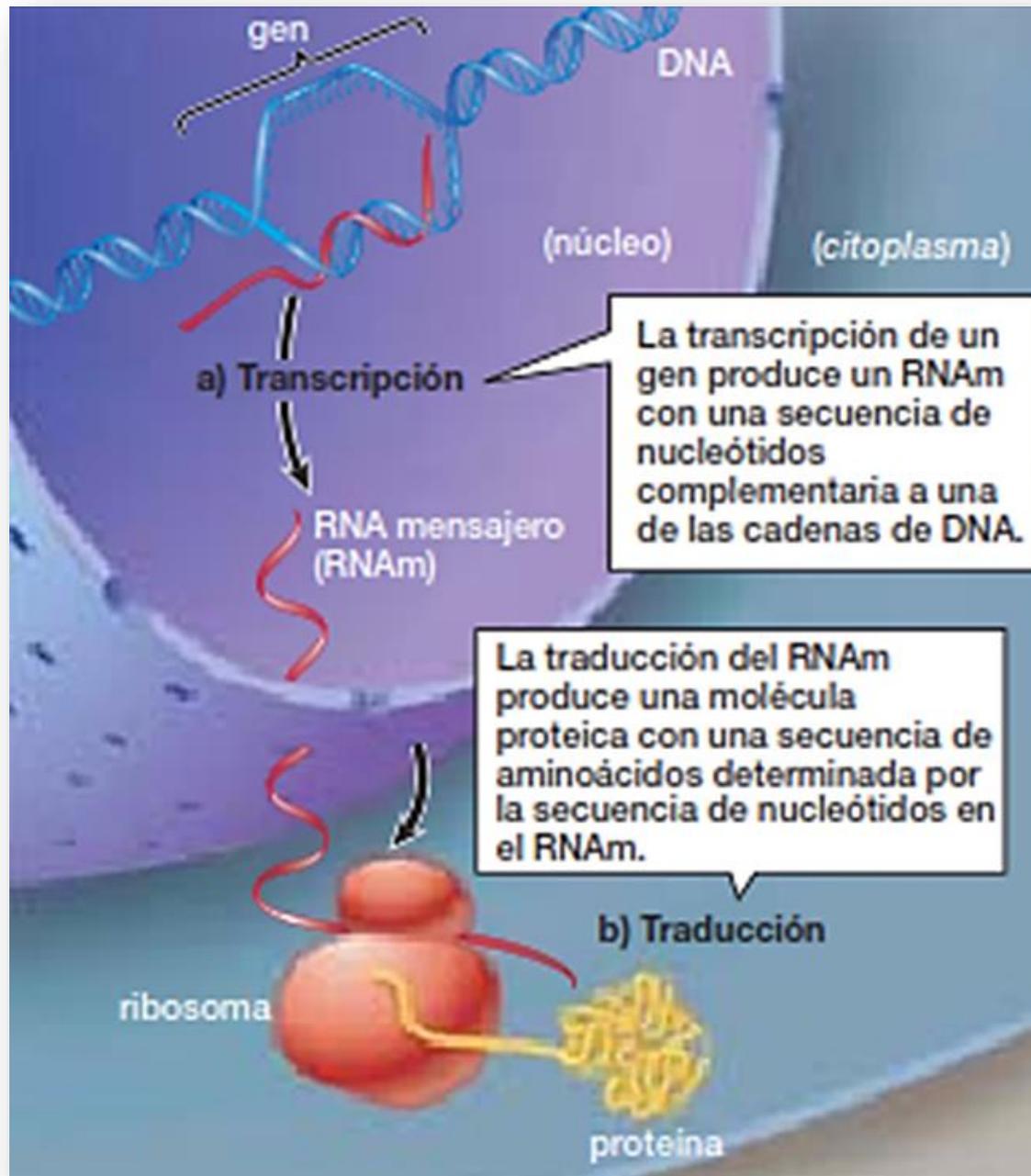


T. Uzawa, A. Yamagishi, T. Oshima (9 de abril de 2002). «Polypeptide Synthesis Directed by DNA as a Messenger in Cell-Free Polypeptide Synthesis by Extreme Thermophiles, *Thermus thermophilus* HB27 and *Sulfolobus tokodaii* Strain 7». *The Journal of Biochemistry* 131 (6): 849-853.

NUEVOS DESCUBRIMIENTOS AL DOGMA CENTRAL DE LA BIOLOGIA MOLECULAR

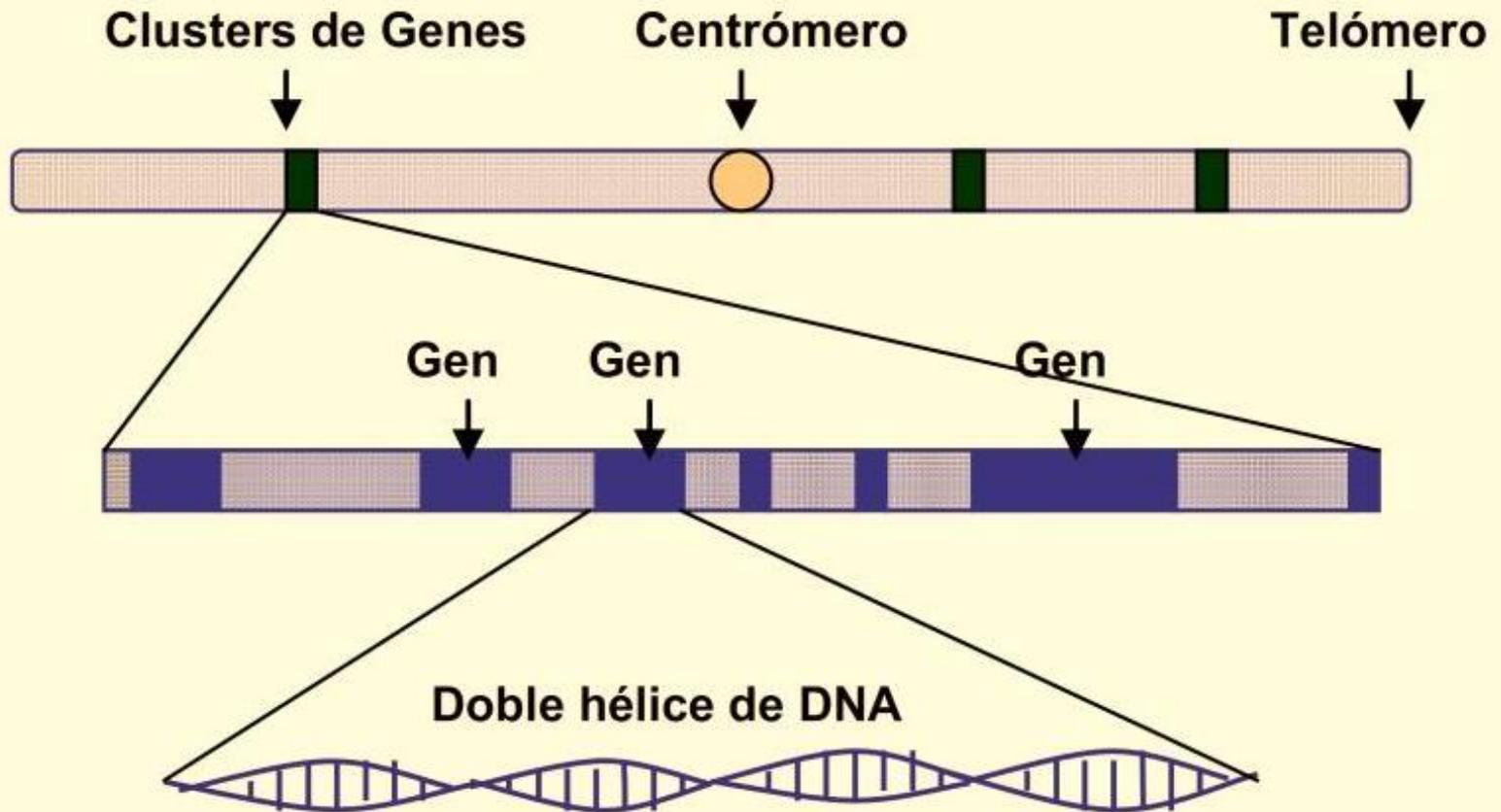


FLUJO DE INFORMACIÓN DEL ADN → PROTEINAS



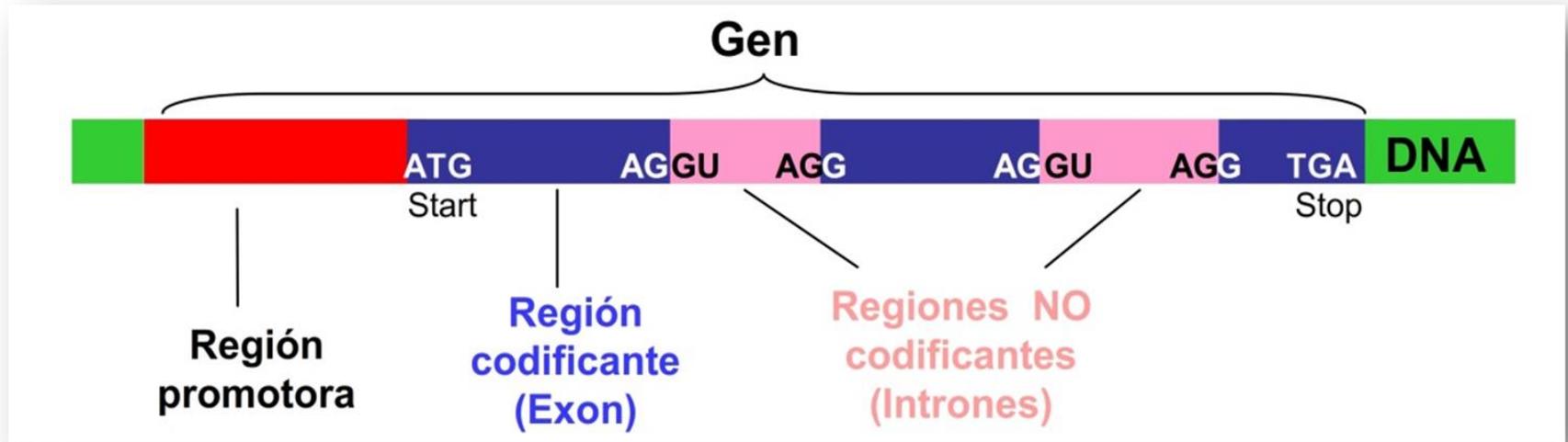
ADN Y GENES

Cromosoma



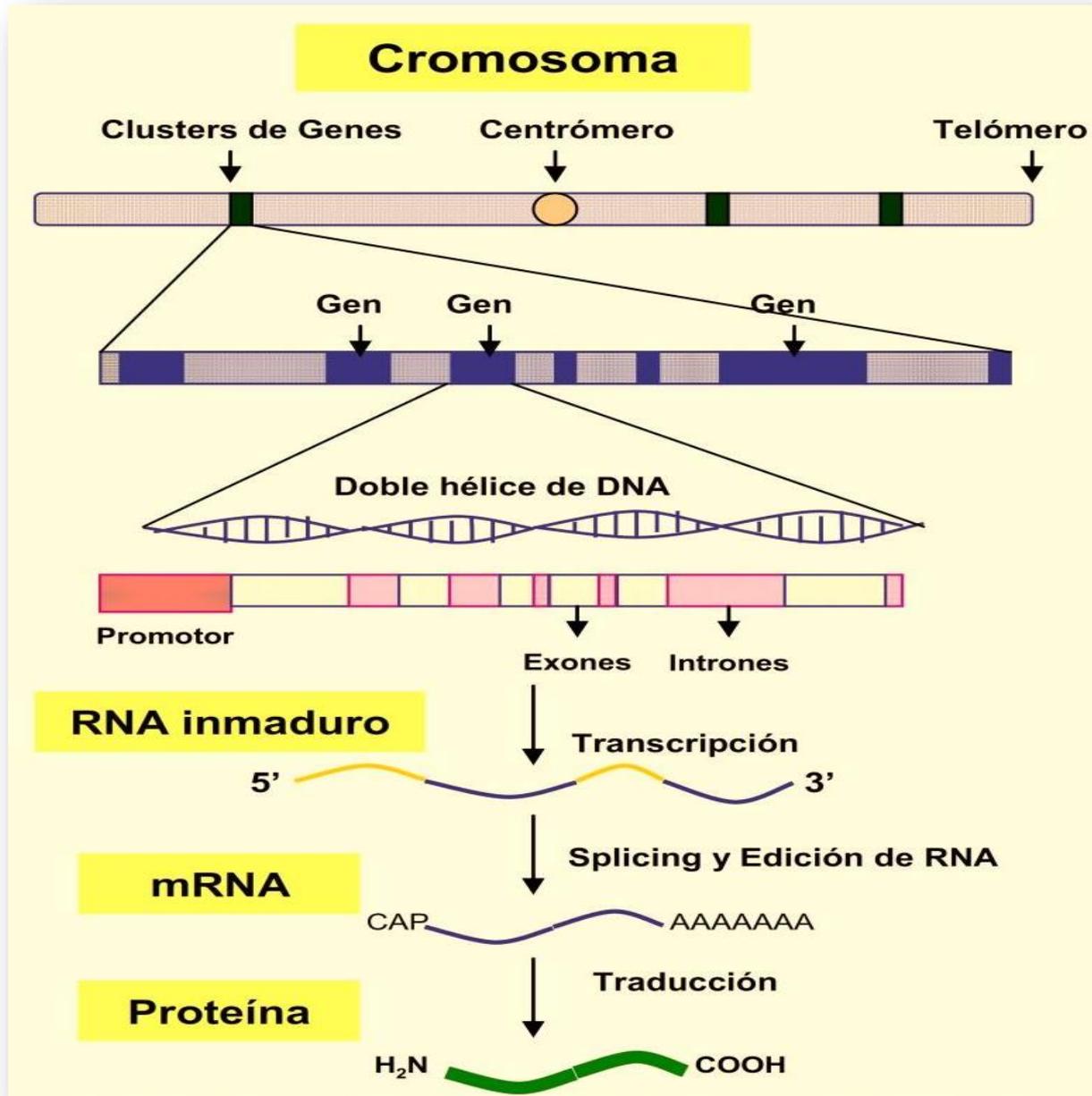
¿QUÉ ES UN GEN?

- Un gen eucariótico es un segmento lineal de ADN que contiene información funcionalmente relevante.



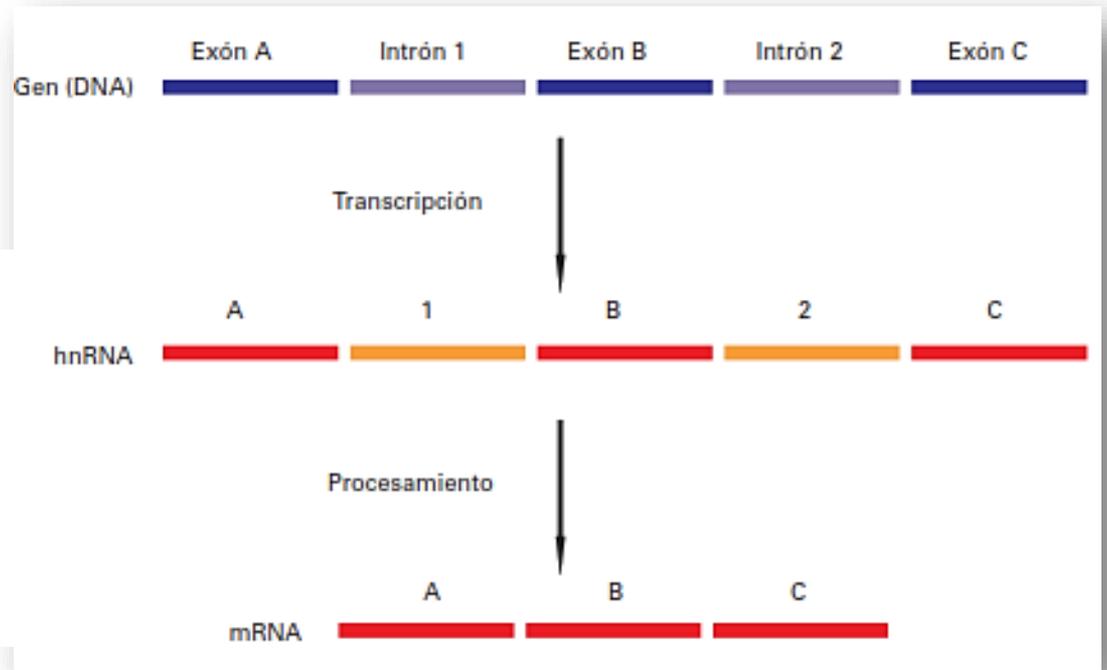
- Está compuesto de secuencias de ADN que codifican aminoácidos de una proteína (exones) y secuencias interpuestas que no codifican proteínas (intrones). El promotor determina dónde inicia la transcripción la RNA polimerasa

PROCESO DE MADURACIÓN DEL ARNm

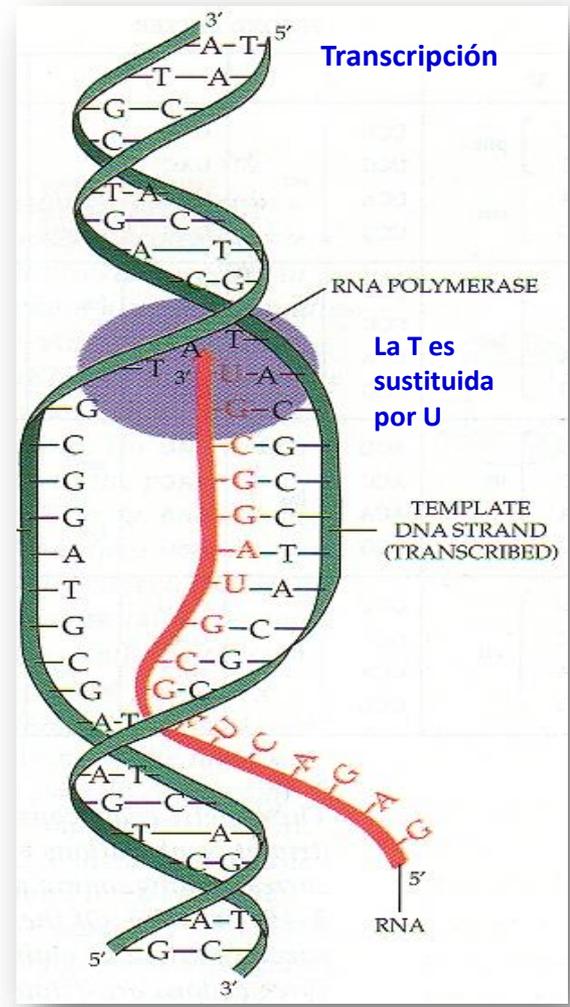
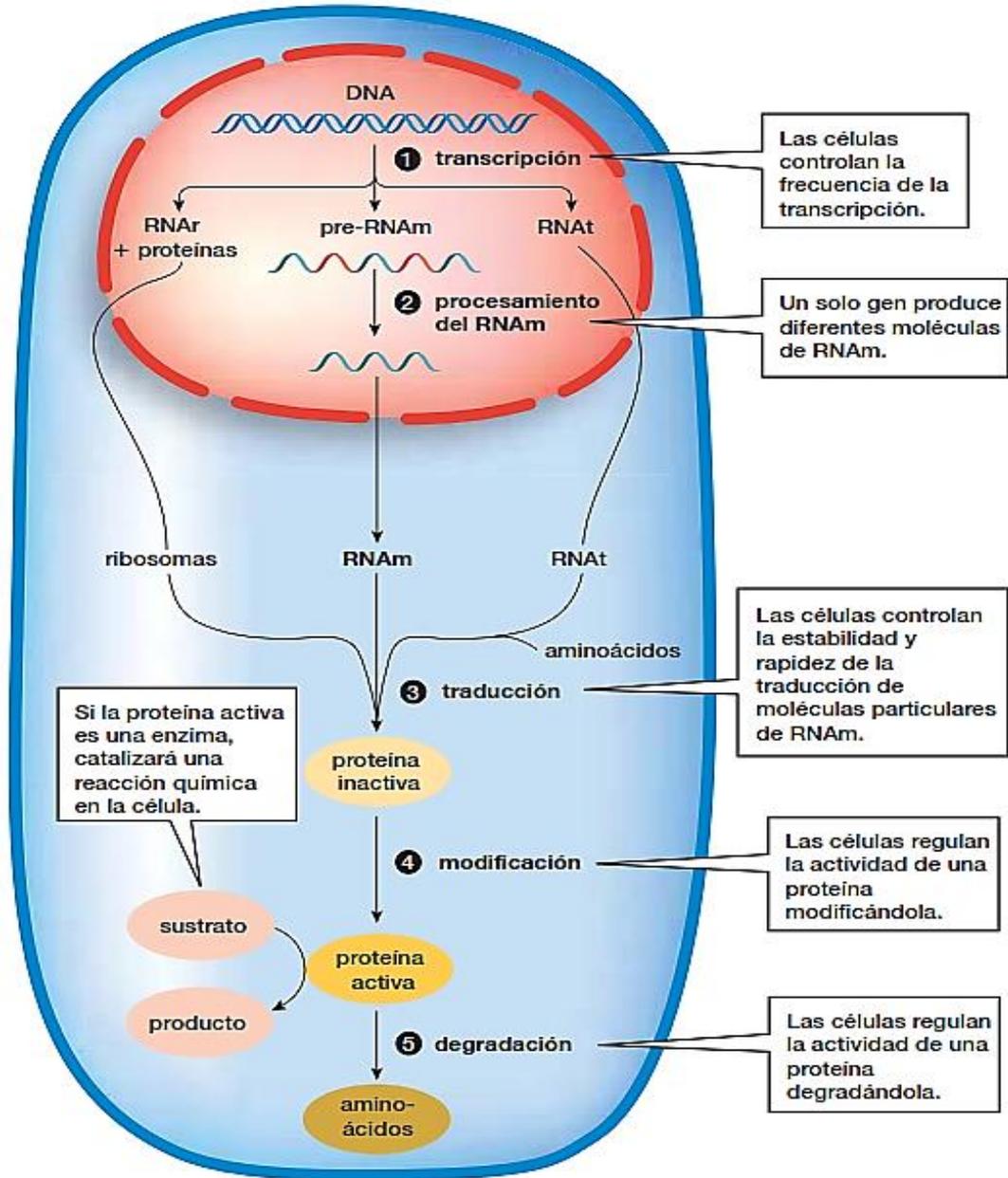


ARN HETEROGÉNEO (ARN_{he}) Y SU PROCESAMIENTO

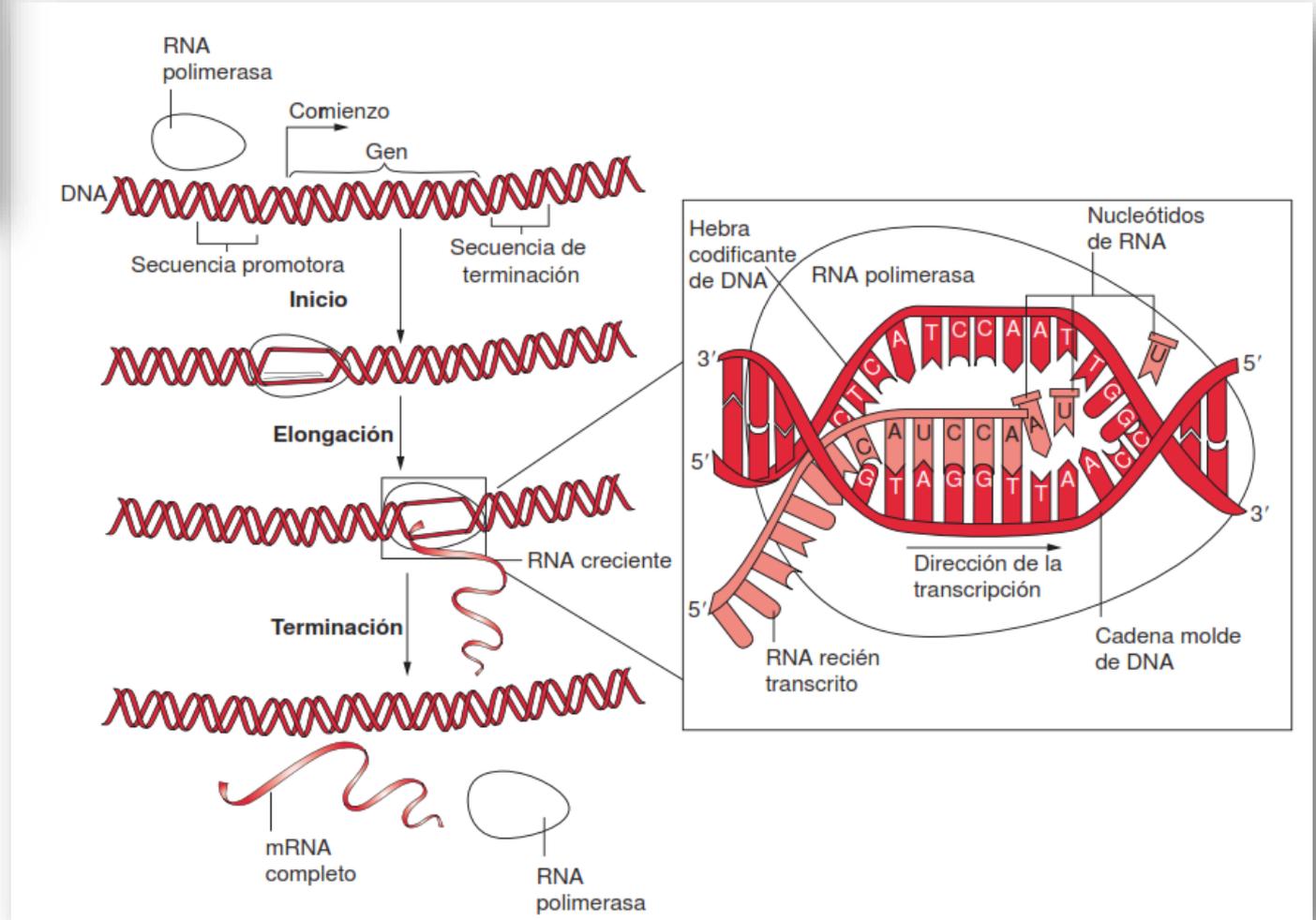
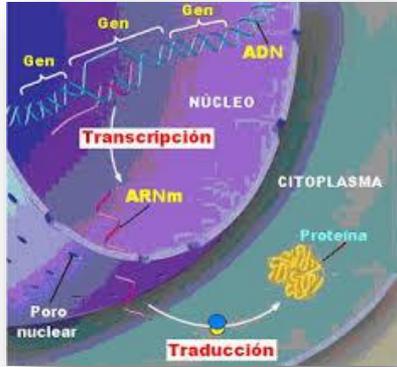
- La transcripción del ARN_m por la ARN polimerasa II da lugar a un ARN heterogéneo (ARN_{he}) que consta de varios segmentos de exones e intrones.
- Los intrones se perderán posteriormente, quedando unidos los exones para formar el ARNm definitivo.



FLUJO DE INFORMACIÓN EN UNA CELULA EUCARIOTICA

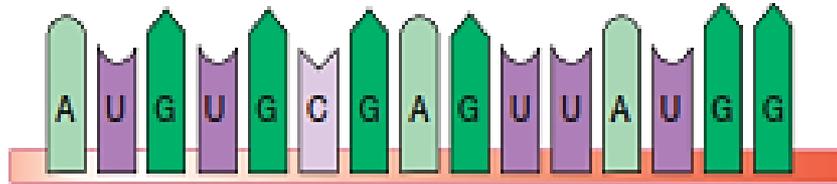


PROCESO DE TRANSCRIPCIÓN



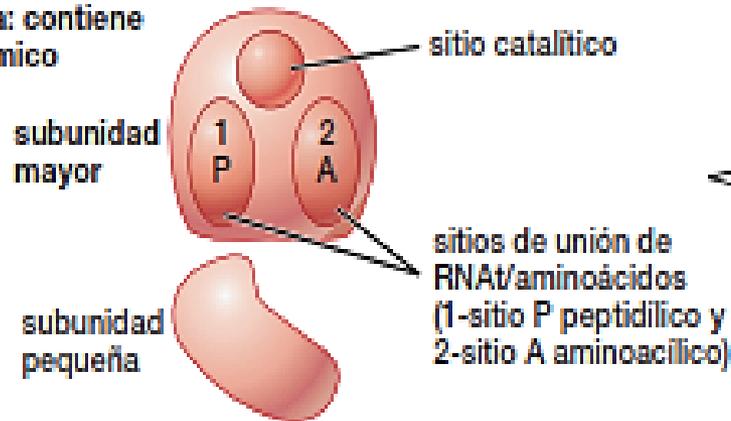
TIPOS PRINCIPALES DE ARN

a) RNA mensajero (RNAm)



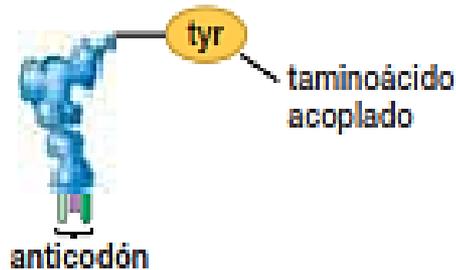
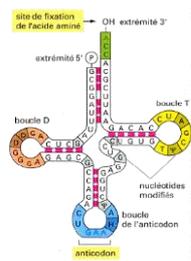
La secuencia de bases del RNAm lleva la información para la secuencia de aminoácidos de una proteína.

b) Ribosoma: contiene RNA ribosómico (RNAr)



El RNAr se combina con las proteínas para formar ribosomas. La subunidad pequeña se enlaza con el RNAm. La subunidad mayor se enlaza con el RNAr y cataliza la formación de enlaces peptídicos entre aminoácidos durante la síntesis de proteínas.

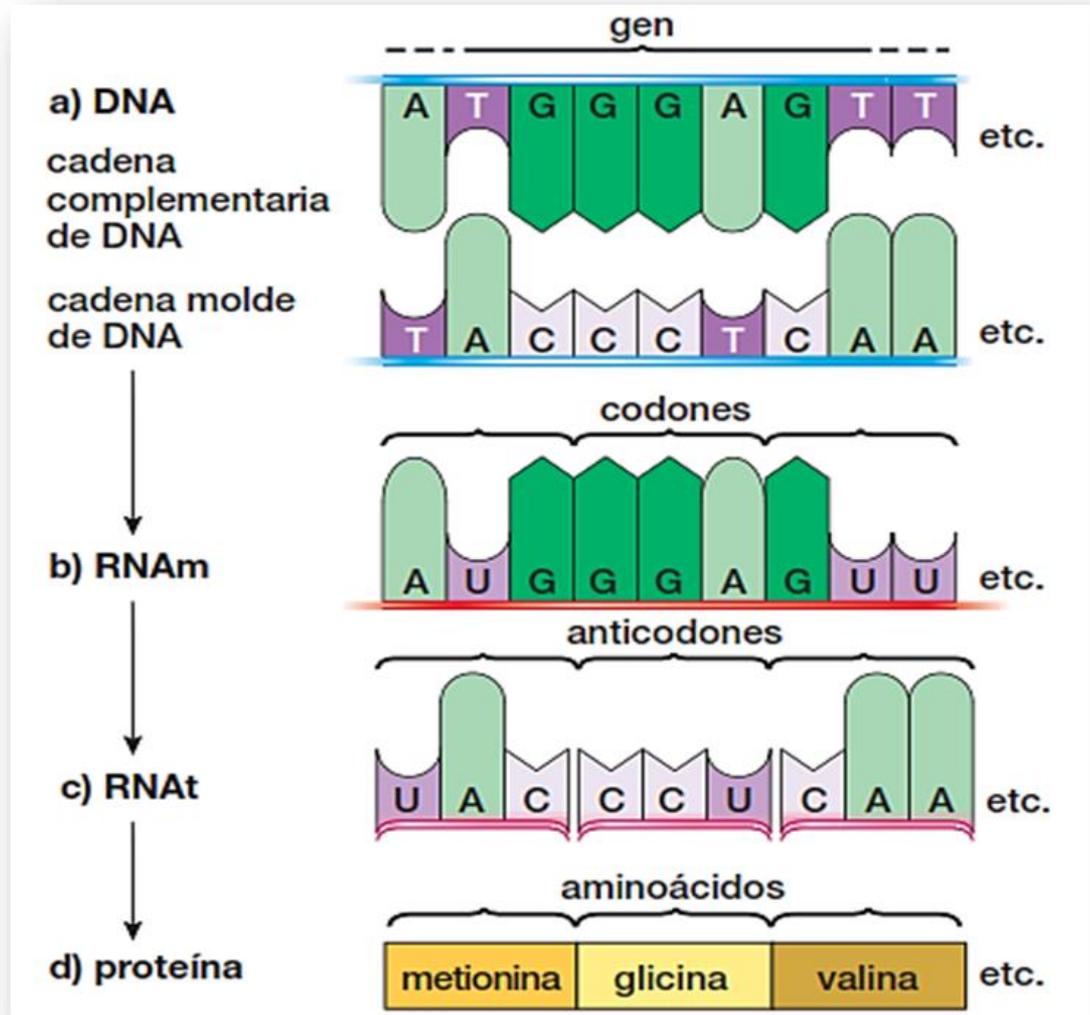
c) RNA de transferencia (RNAt)



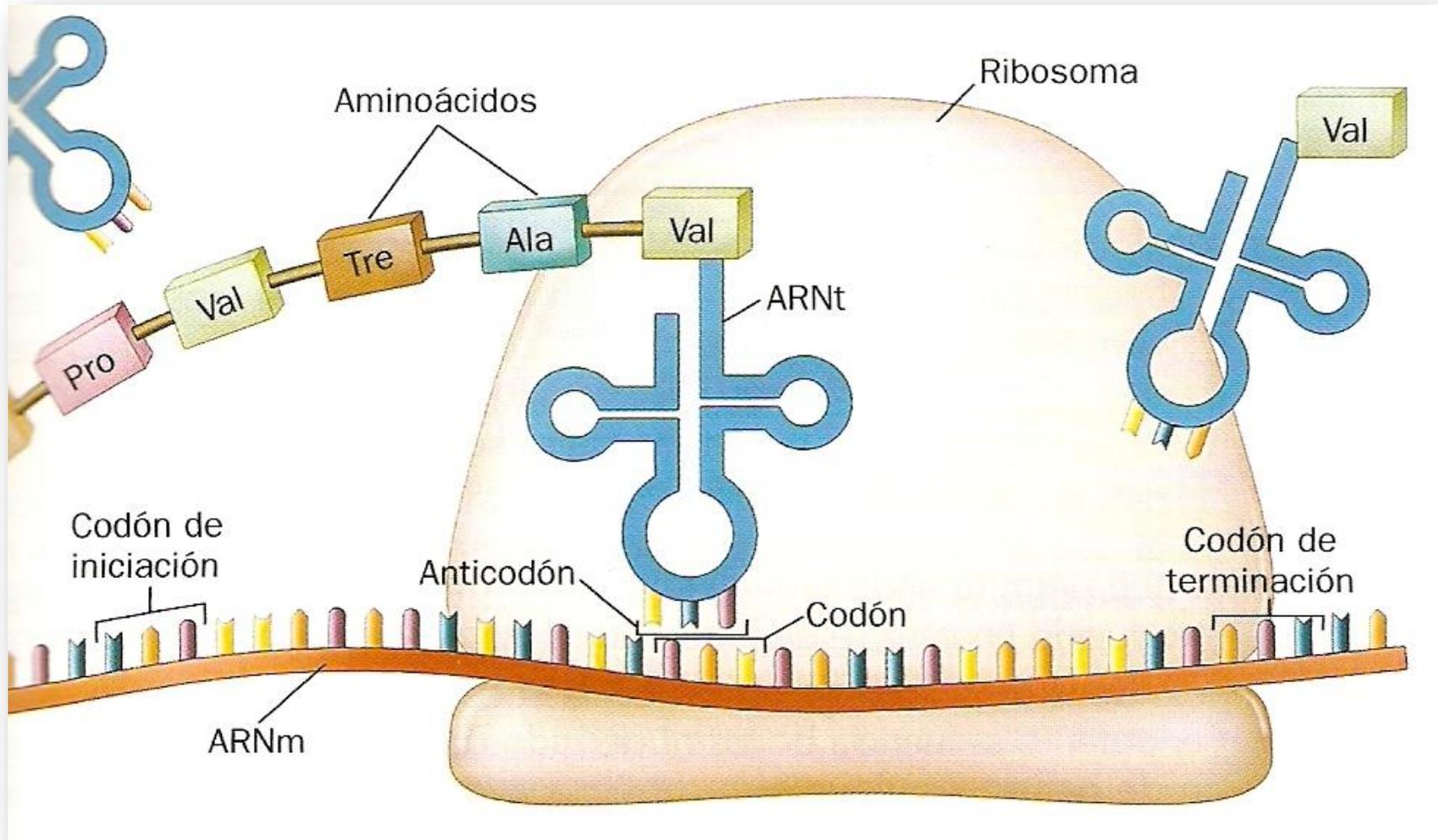
Cada RNAt lleva un aminoácido específico a un ribosoma durante la síntesis de proteínas. El anticodón de RNAt se aparea con un codón de RNAm, garantizando que el aminoácido correcto se incorpore a la proteína.

APAREAMIENTO DE LAS BASES COMPLEMENTARIAS CODONES Y ANTICODONES

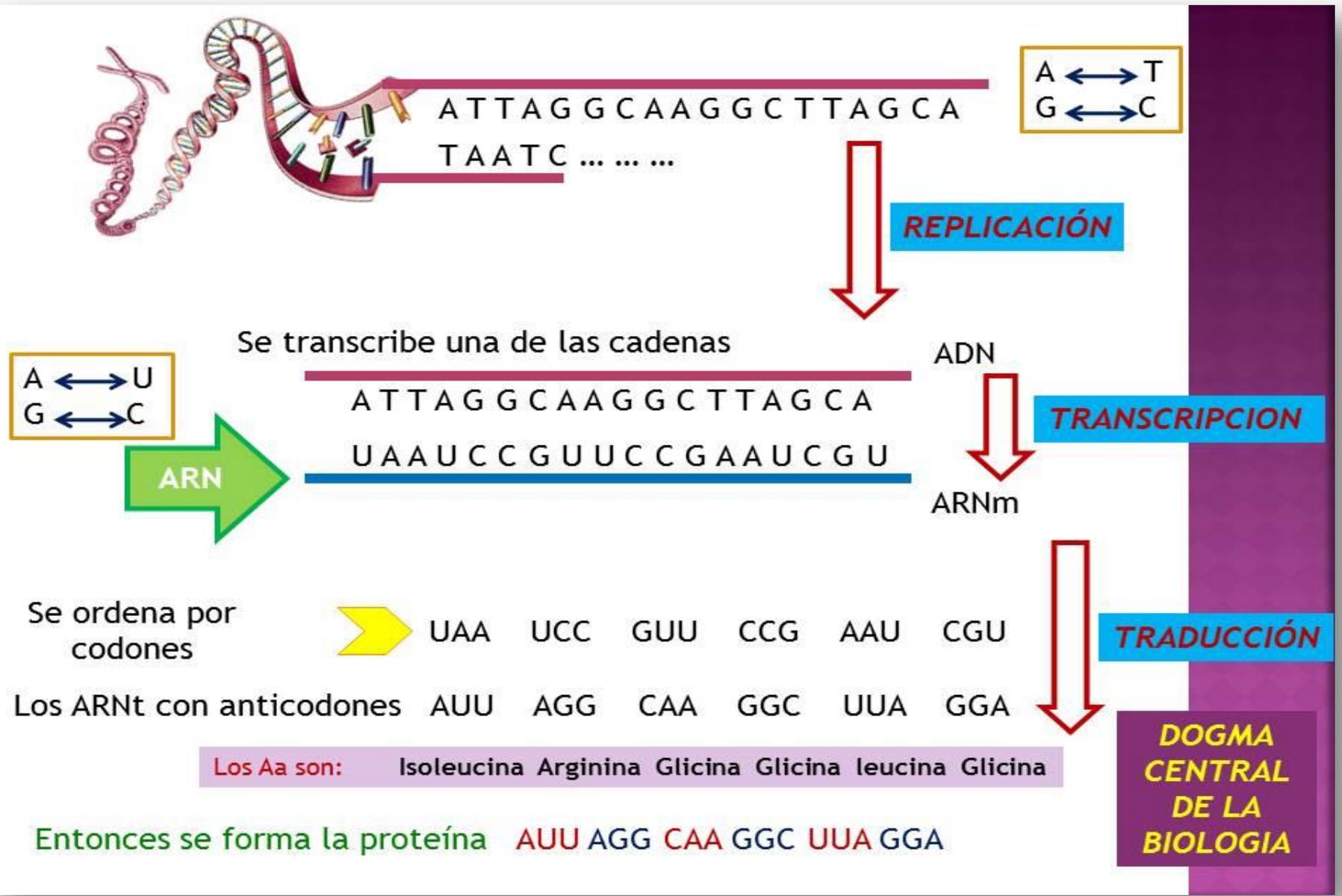
- El ADN contiene dos cadenas: la ARN Polimerasa utiliza la cadena molde para sintetizar una molécula de ARN.
- Las bases de la cadena molde de ADN se transcriben a un ARNm complementario. Los codones son secuencias de 3 bases que especifican a un aminoácido o una señal de "alto" durante la síntesis de proteínas.
- A menos que sea un codón de "alto", cada codón del ARNm forma pares de bases con el anticodón de una molécula de ARNt que lleva consigo a un aminoácido específico.
- Los aminoácidos surgidos del ARNt se unen para formar la proteína.



PROCESO DE TRADUCCIÓN

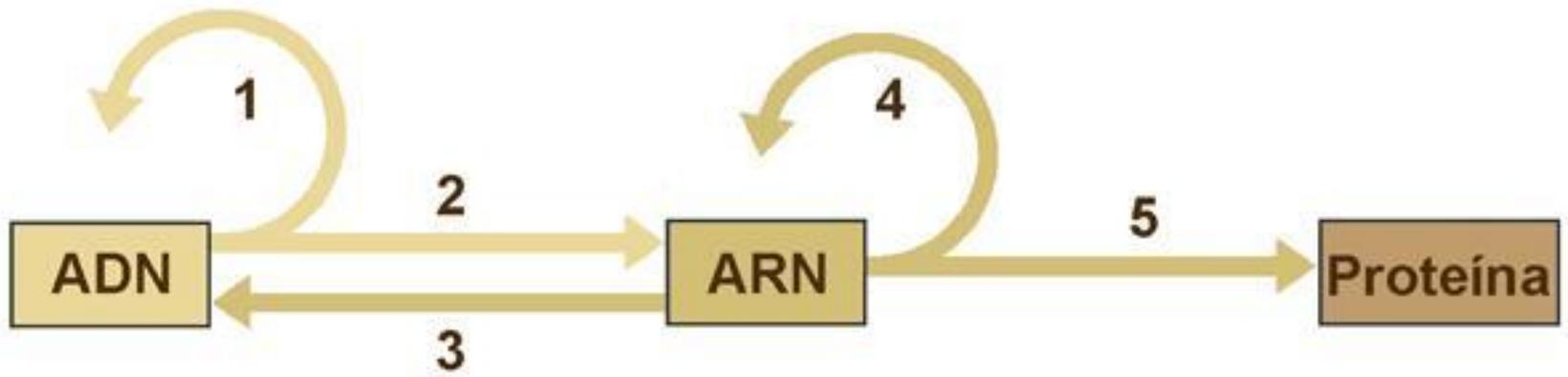


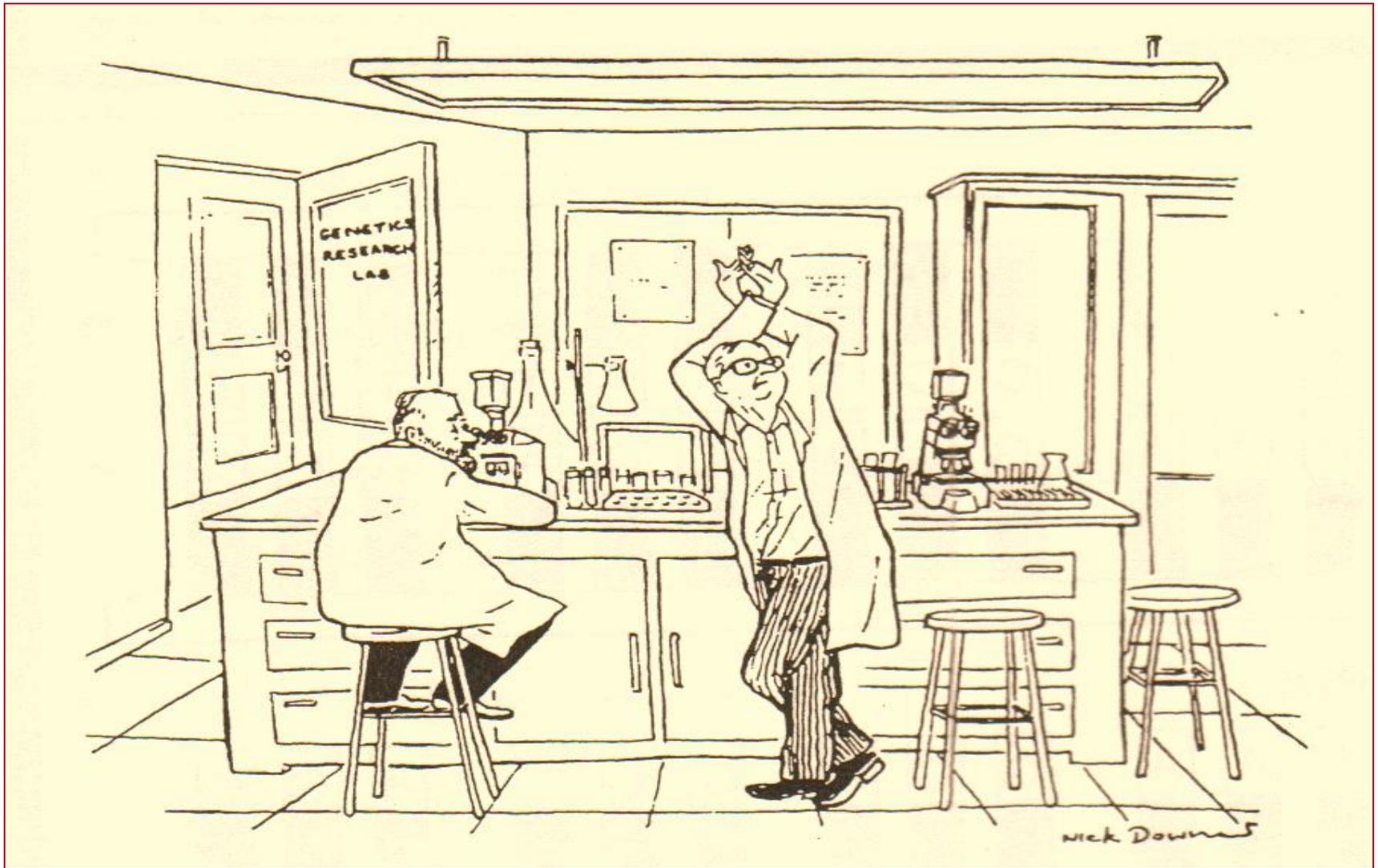
FLUJO DE INFORMACIÓN DEL ADN → PROTEÍNAS



CODIGO GENÉTICO (CODONES DE ARNm)

		Segunda base						
		U	C	A	G			
U	UUU	Fenilalanina (Phe)	UCU	Serina (Ser)	UAU	Tirosina (Tyr)	UGU	Cisteína (Cys)
	UUC	Fenilalanina	UCC	Serina	UAC	Tirosina	UGC	Cisteína
	UUA	Leucina (Leu)	UCA	Serina	UAA	Alto	UGA	Alto
	UUG	Leucina	UCG	Serina	UAG	Alto	UGG	Triptófano (Trp)
C	CUU	Leucina	CCU	Prolina (Pro)	CAU	Histidina (His)	CGU	Arginina (Arg)
	CUC	Leucina	CCC	Prolina	CAC	Histidina	CGC	Arginina
	CUA	Leucina	CCA	Prolina	CAA	Glutamina (Glu)	CGA	Arginina
	CUG	Leucina	CCG	Prolina	CAG	Glutamina	CGG	Arginina
A	AUU	Isoleucina (Ile)	ACU	Treonina (Thr)	AAU	Asparagina (Asn)	AGU	Serina (Ser)
	AUC	Isoleucina	ACC	Treonina	AAC	Asparagina	AGC	Serina
	AUA	Isoleucina	ACA	Treonina	AAA	Lisina (Lys)	AGA	Arginina (Arg)
	AUG	Metionina (Met) Inicio	ACG	Treonina	AAG	Lisina	AGG	Arginina
G	GUU	Valina (Val)	GCU	Alanina (Ala)	GAU	Ácido aspártico (Asp)	GGU	Glicina (Gly)
	GUC	Valina	GCC	Alanina	GAC	Ácido aspártico	GGC	Glicina
	GUA	Valina	GCA	Alanina	GAA	Ácido glutámico (Glu)	GGA	Glicina
	GUG	Valina	GCG	Alanina	GAG	Ácido glutámico	GGG	Glicina





**“Muy bien!!! Eres una molécula de ADN.
Ahora, a volver al trabajo”**