

# **C3 INFORMACIÓN CELULAR**

## **4) Síntesis de proteínas**

© J. L. Sánchez Guillén

IES Pando - Oviedo – Departamento de Biología y Geología

## **ÍNDICE**

 **1- Los genes**

 **2- La transcripción de la información genética:  
Síntesis y maduración del ARN.**

 **3- El código genético**

 **4- Traducción de la información genética:  
Síntesis de proteínas**

# **ÍNDICE**

## **1- Los genes**

## **2- La transcripción de la información genética: Síntesis y maduración del ARN.**

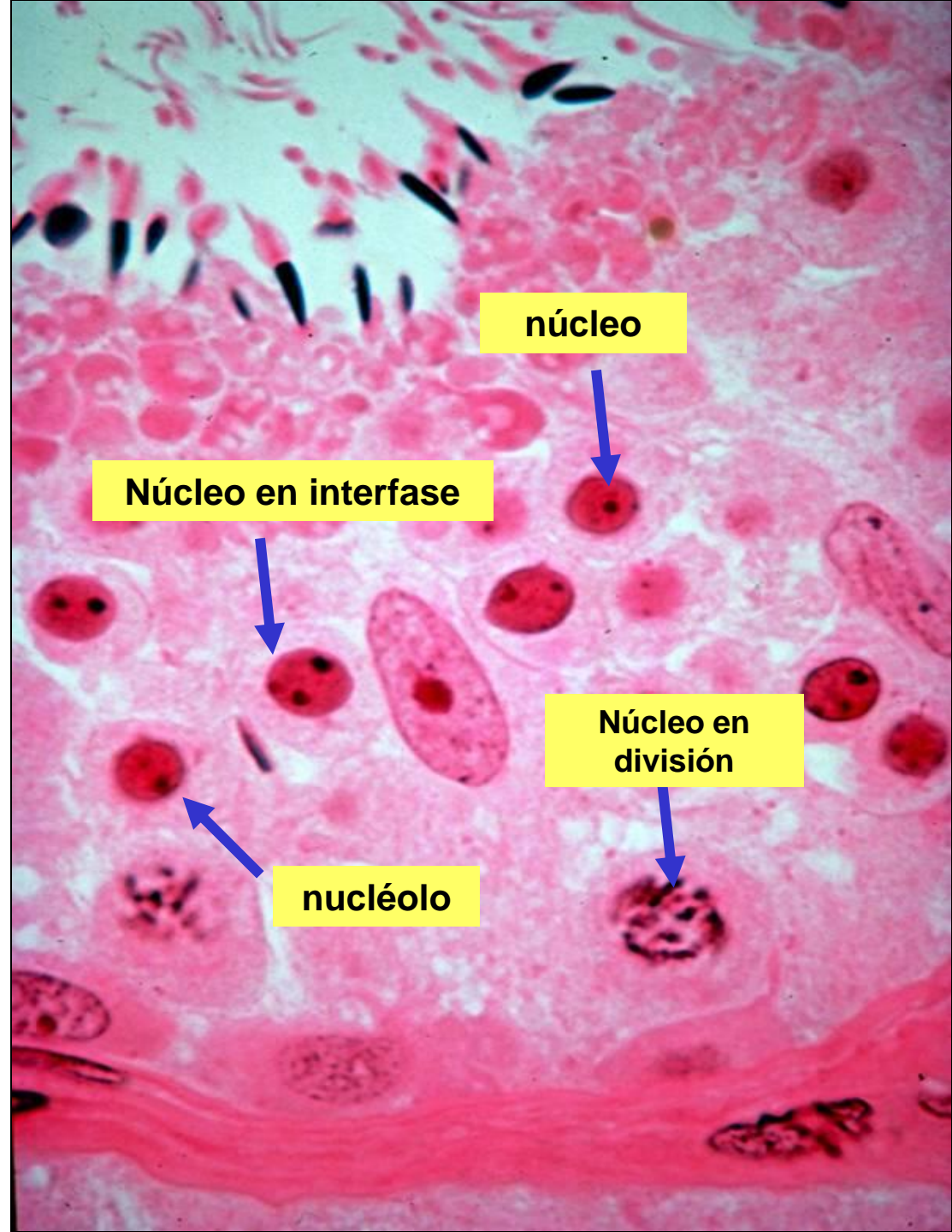
## **3- El código genético**

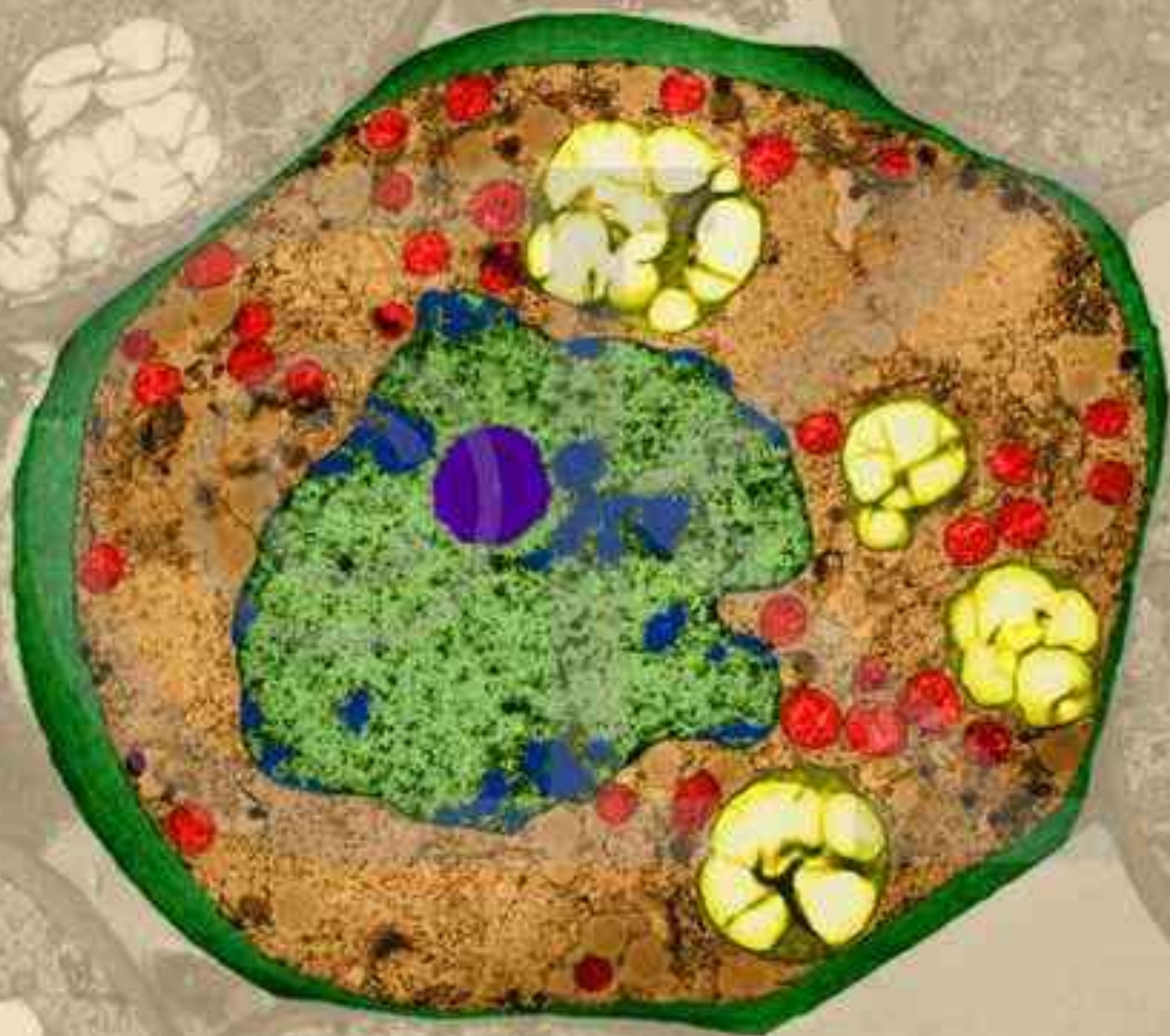
## **4- Traducción de la información genética: Síntesis de proteínas**

Los genes se encuentran en el núcleo de todas las células.

En las células humanas se cree que hay unos 30 000 genes, localizados en 46 cromosomas. Cada cromosoma es una molécula de ADN que contiene miles de genes.

En la figura células de los tubos seminíferos del testículo productoras de espermatozoides vistas al microscopio óptico X1000. Se observan núcleos en interfase y núcleos en división. Los puntos más oscuros dentro del núcleo son los nucléolos.







mitocondria



envoltura nuclear



cromatina



núcleo

nucleolo



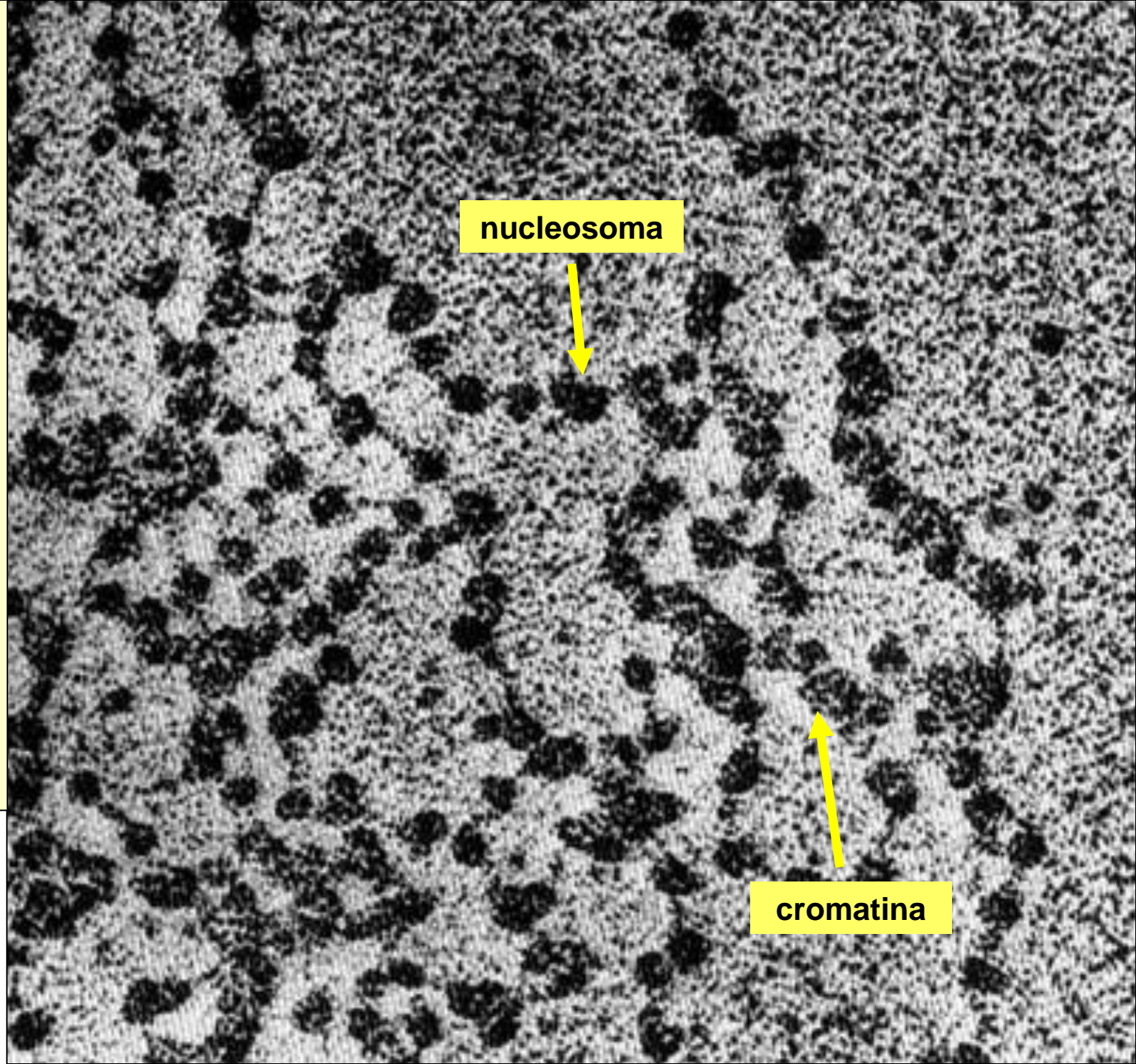
citoplasma

(i+5)

**Fibras nucleosómicas**

En el núcleo celular, la cromatina está formada por ADN y proteínas.

Los genes se encuentran localizados en las moléculas de ADN.



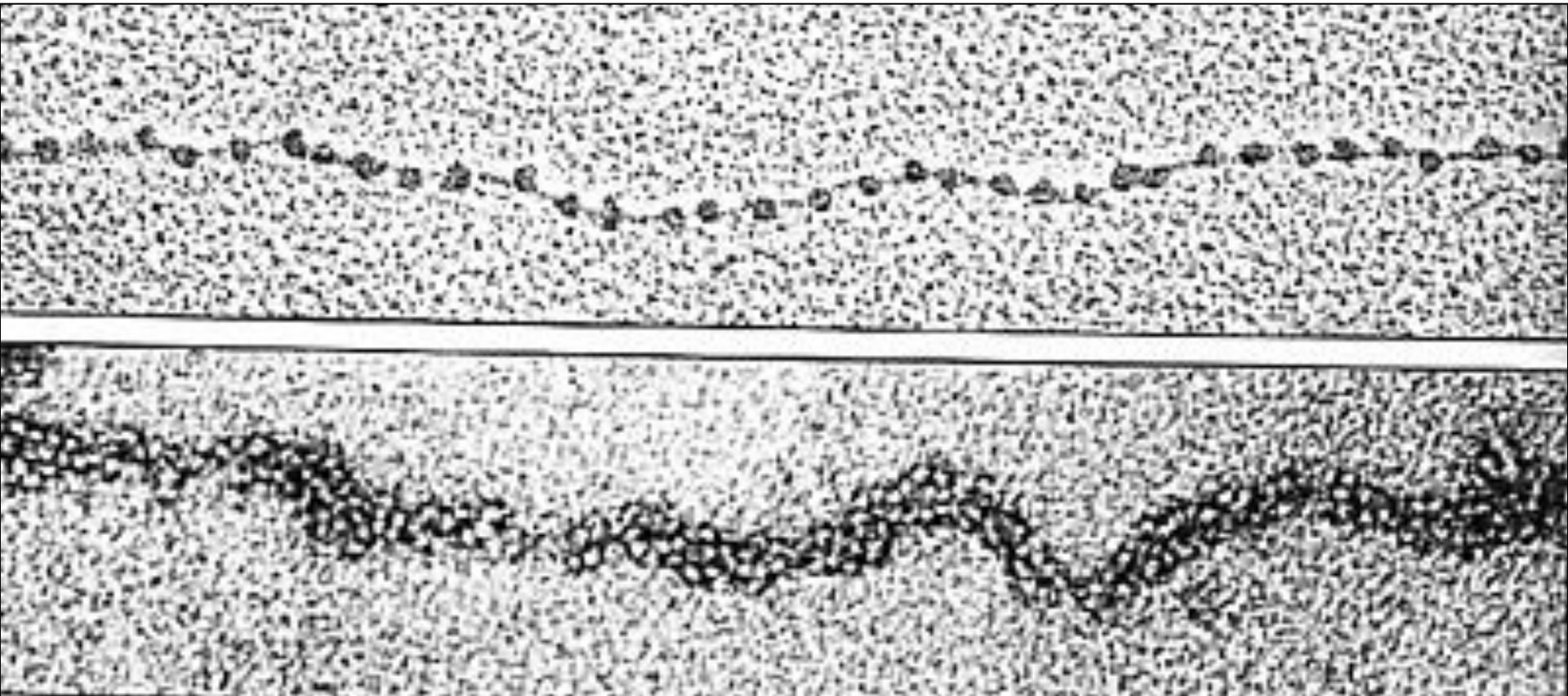
**nucleosoma**



**cromatina**

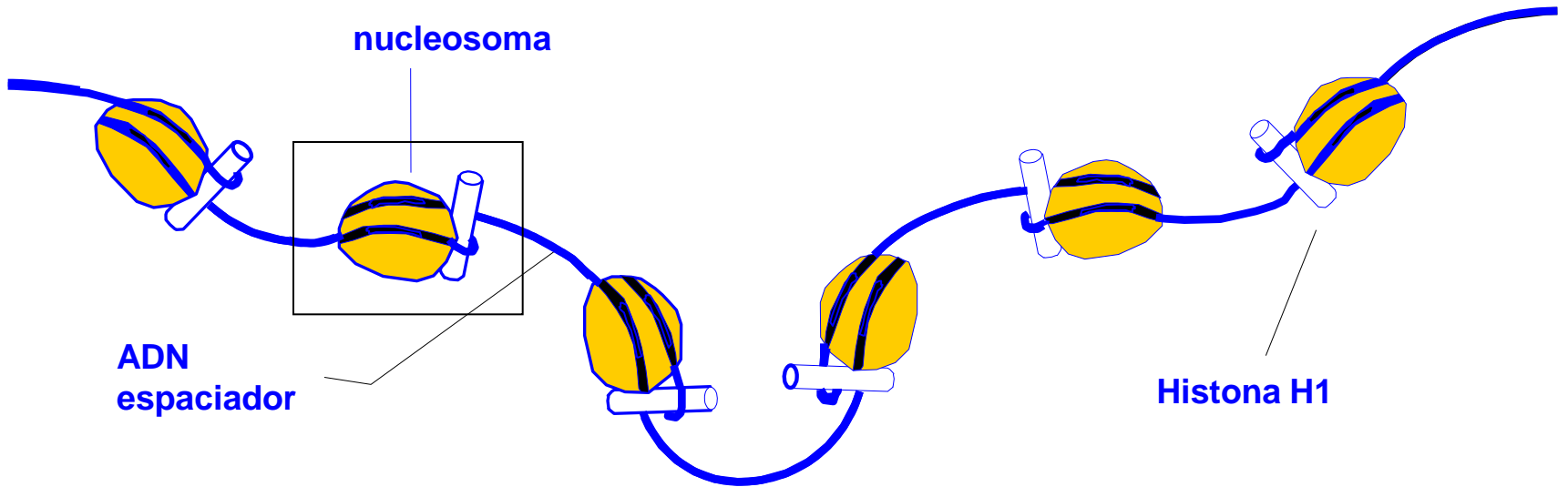


Fibra nucleosómica y fibra de 30nm (microscopio electrónico),

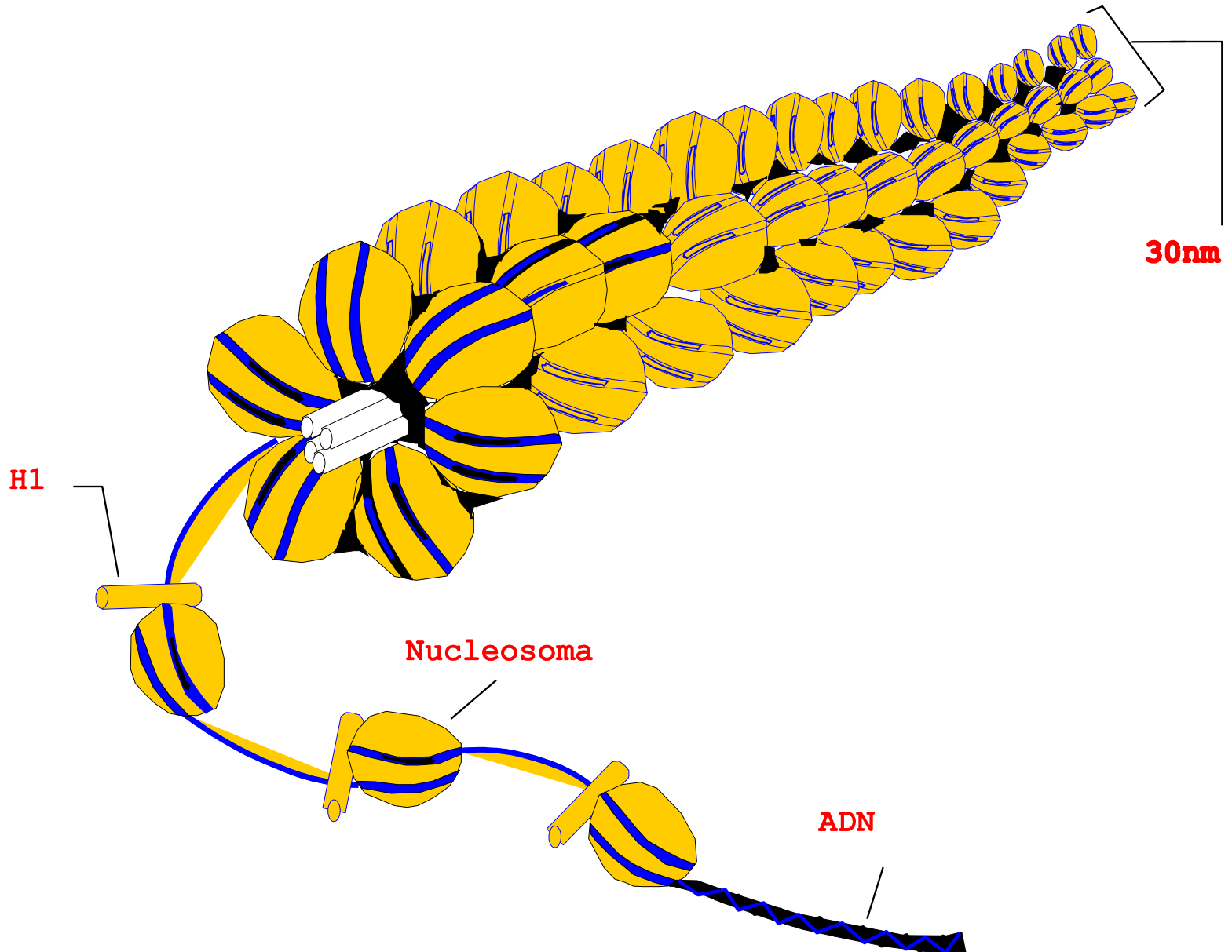




# Esquema de una fibra nucleosómica en collar de perlas



# Esquema de una fibra de 30 nm



Dos cromátidas 2x10  
vueltas de espiral

1 vuelta de espiral  
(30 rosetones)

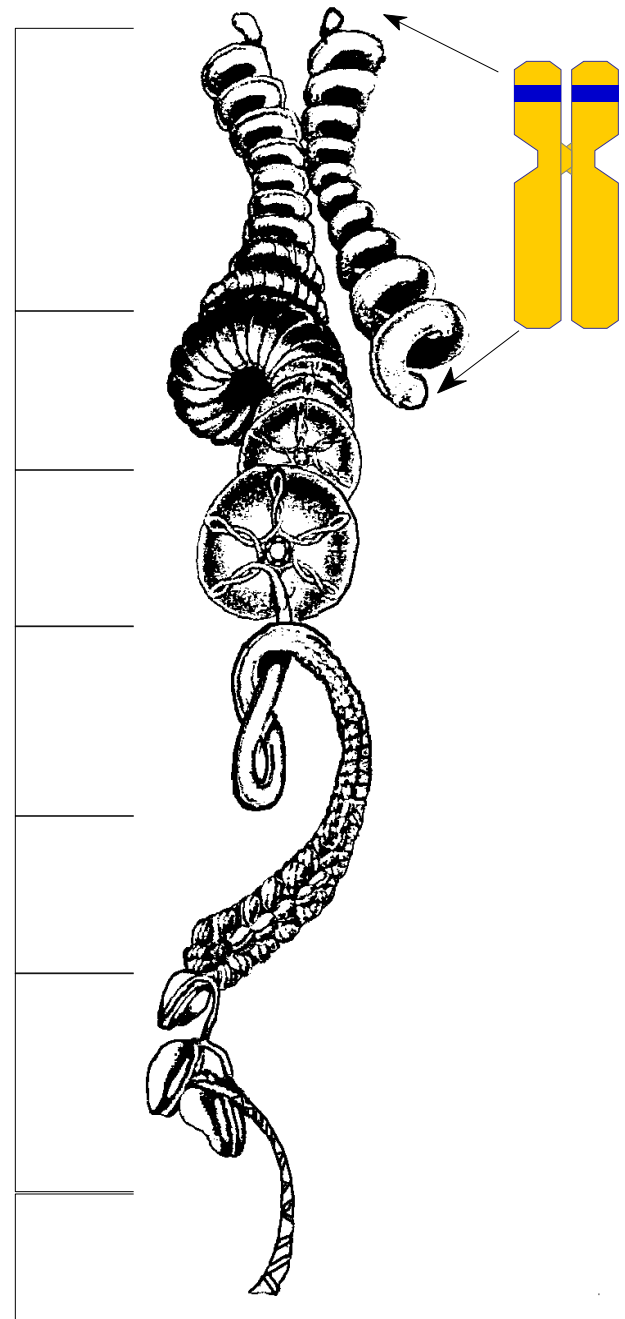
1 rosetón (6 bucles)

1 bucle

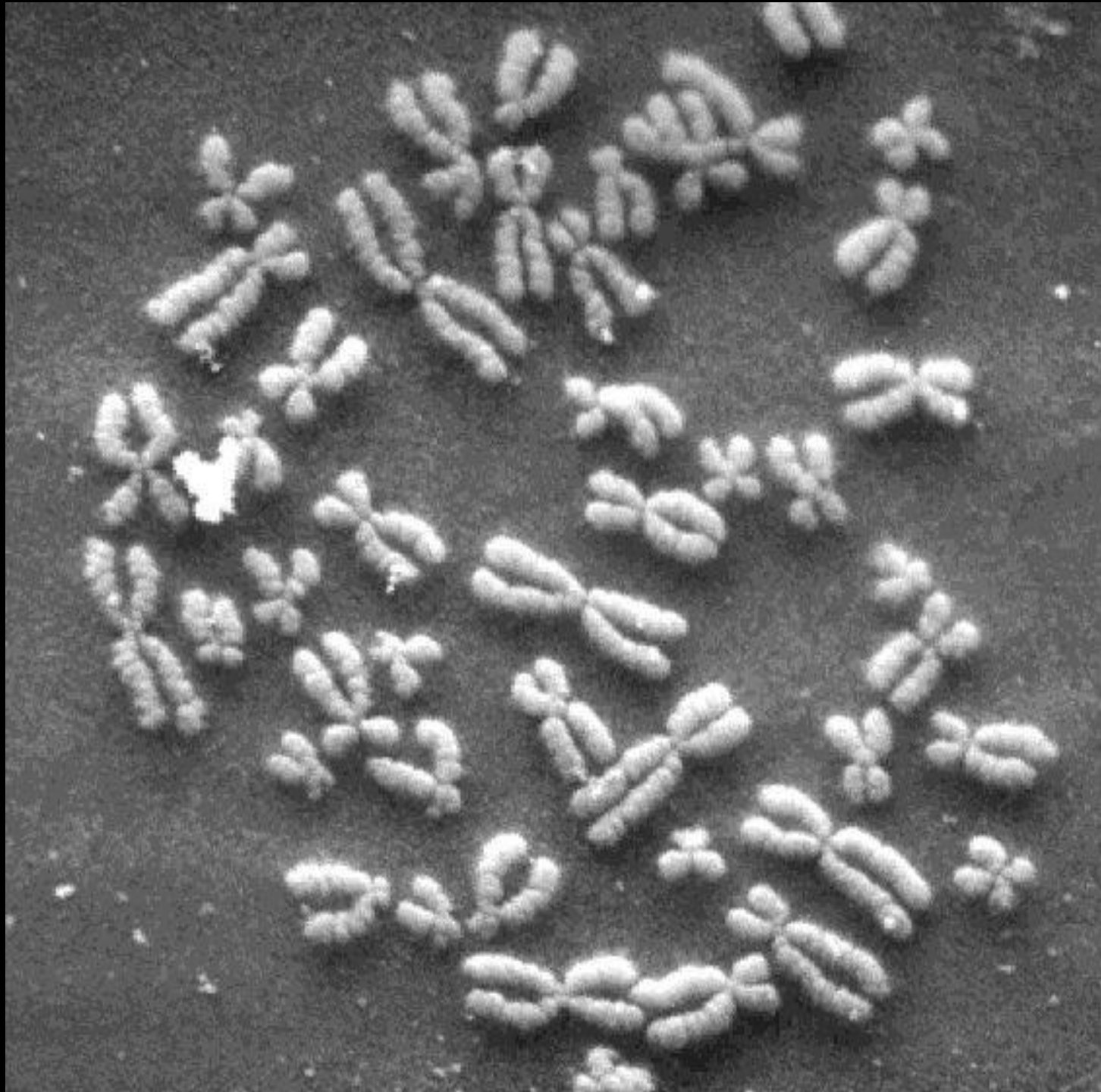
Fibra de 30 nm

Collar de perlas  
(nucleosoma)

ADN



Cuando la célula se va a dividir el ADN se empaqueta fuertemente formando los cromosomas metafásicos (cromosomas de una célula humana en división).



Cromosomas metafásicos  
X e Y humanos.

Cada cromosoma está  
formado por dos moléculas  
de ADN idénticas  
fuertemente empaquetadas.  
Alineados en estas  
moléculas se encuentran  
los genes.



## CONCEPTO MOLECULAR DEL GEN. ESTRUCTURA DE LOS GENES EN EUCARIOTAS

**Concepto molecular de gen:** La mayoría de los genes son fragmentos de la molécula de ADN que determinan la síntesis de una proteína, otros realizan funciones reguladoras.

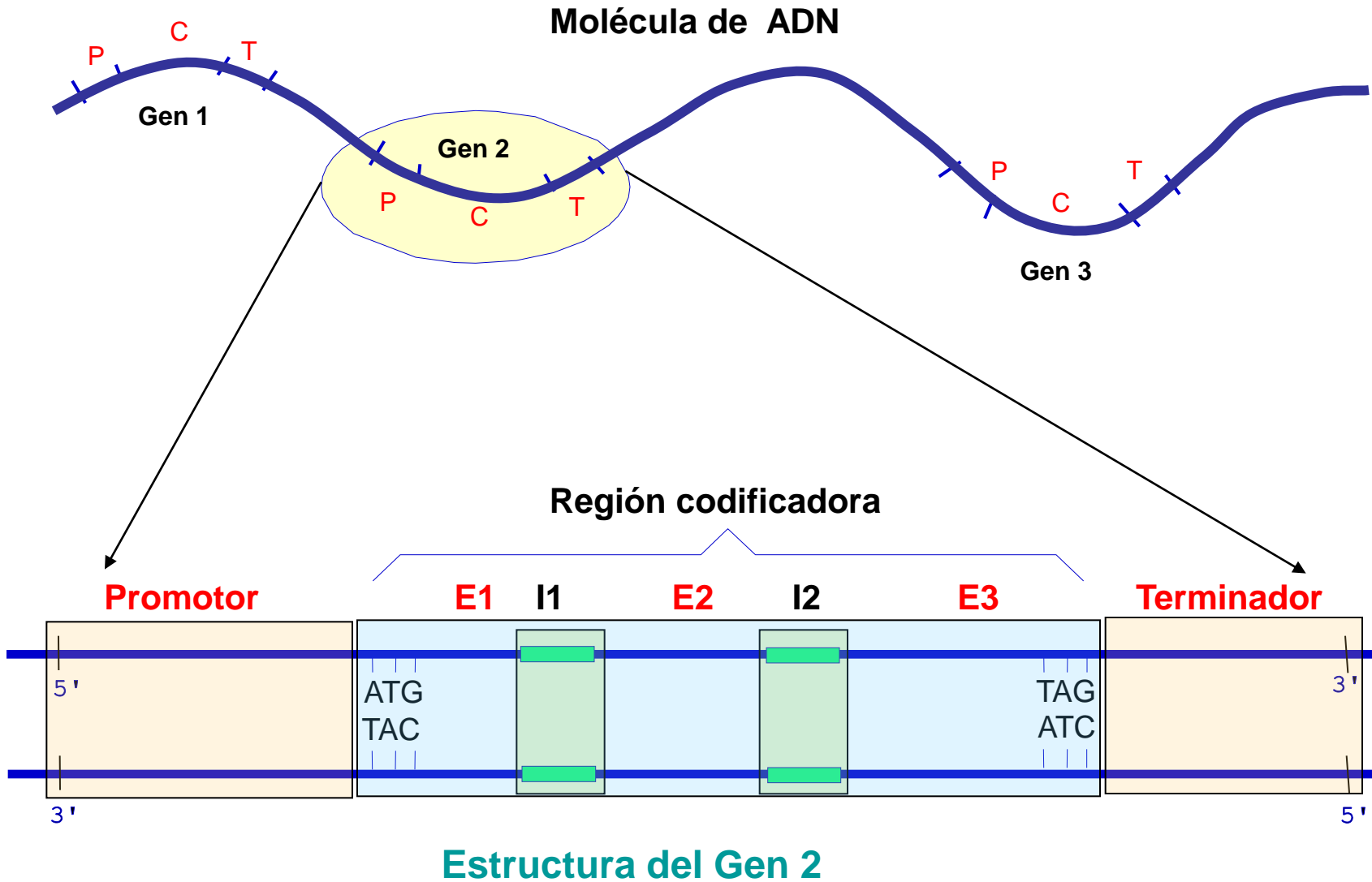
**Estructura de los genes en eucariotas:** La estructura de los genes en eucariotas es compleja. La secuencia de nucleótidos que constituye un gen, y los propios genes entre sí, no se disponen linealmente en los cromosomas sino espaciados por fragmentos de ADN que no poseen información que pueda ser transcrita. En todo gen, además, distinguiremos las siguientes regiones:

-**La región promotora (P)** es una porción del ADN situada al principio del gen y que, sin codificar ningún aminoácido, sirve para que las enzimas que realizan la transcripción reconozcan el principio del gen.

-**La región codificadora (C)** es la parte del gen que contiene la información para la síntesis de la proteína. En la región codificadora van a existir fragmentos de ADN que no contienen información: los **intrones**, y fragmentos que sí que contienen información: los **exones**. El principio de esta región viene marcado, generalmente, por la secuencia de bases nitrogenadas ATG y el final por una de estas tres tripletas: TAA, TAG, TGA; tripletas que se denominan **de paro**, **sin sentido** o secuencias **stop**.

-**La región terminadora. (T)** Marca el final del gen.

# Estructura de un gen en los eucariotas



# **ÍNDICE**

 **1- Los genes**

 **2- La transcripción de la información genética:  
Síntesis y maduración del ARN.**

 **3- El código genético**

 **4- Traducción de la información genética:  
Síntesis de proteínas**

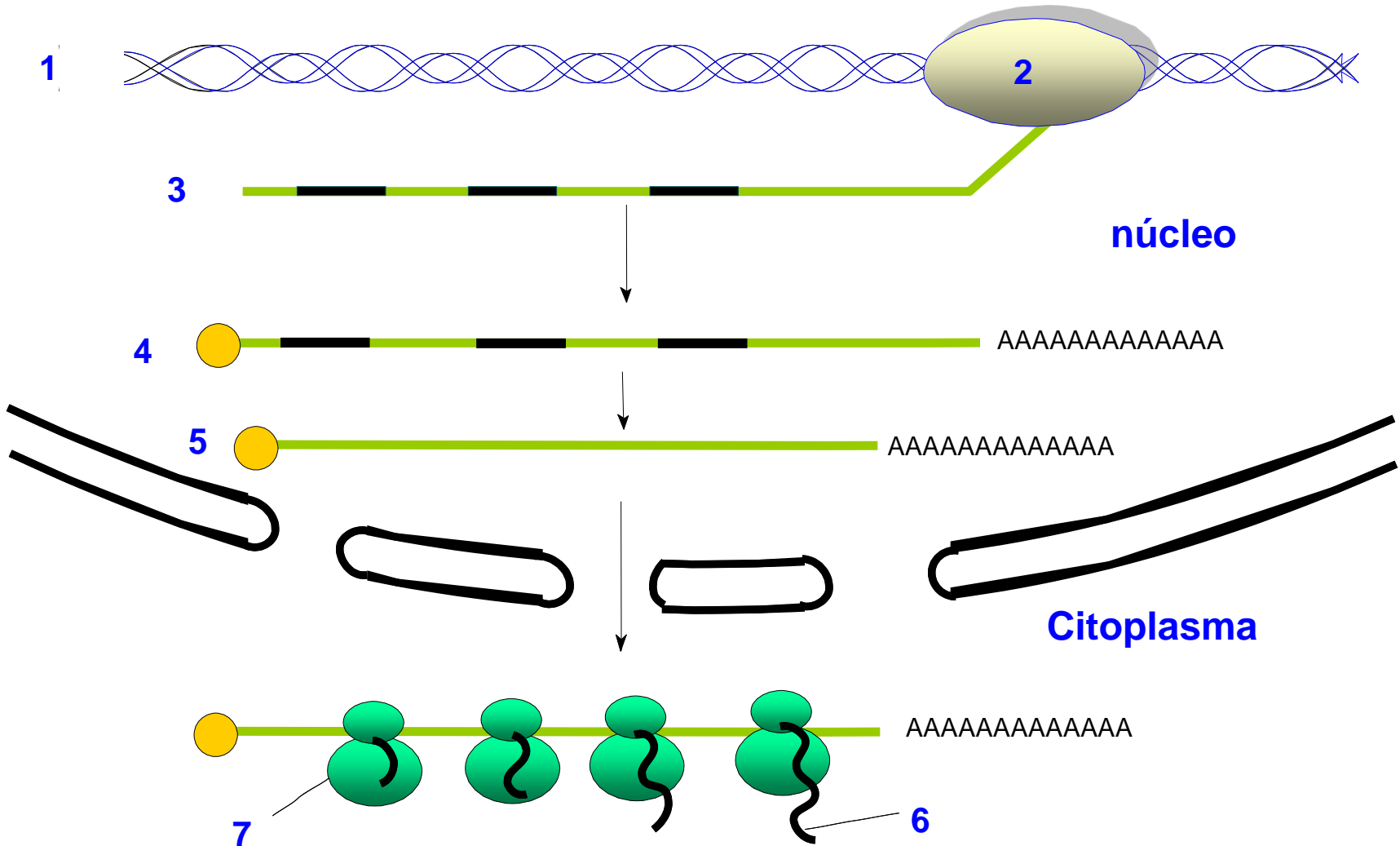


## **TRASCIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL ADN**

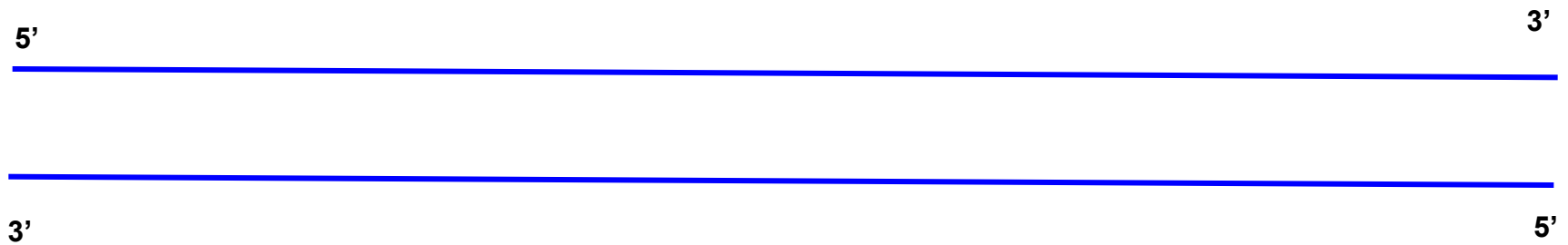
El ADN se encuentra en el núcleo celular y la síntesis de proteínas tiene lugar en el citoplasma, en el hialoplasma concretamente. Es por esto que la información contenida en la estructura primaria del ADN debe transcribirse a una molécula de ARN denominada ARN mensajero (ARNm). También se sintetizan en el núcleo el ARNr y el ARNt, necesarios para la síntesis proteica.

**Los procesos de síntesis de ARN a partir del ADN constituyen la transcripción de la información genética**

La expresión de la información genética: Transcripción y traducción de un gen en eucariotas. 1) ADN; 2) ARNpolime-rasa; 3) ARNmp ; 4) ARNm ; 5) ARNm maduro; 6) Proteína; 7) Ribosoma.



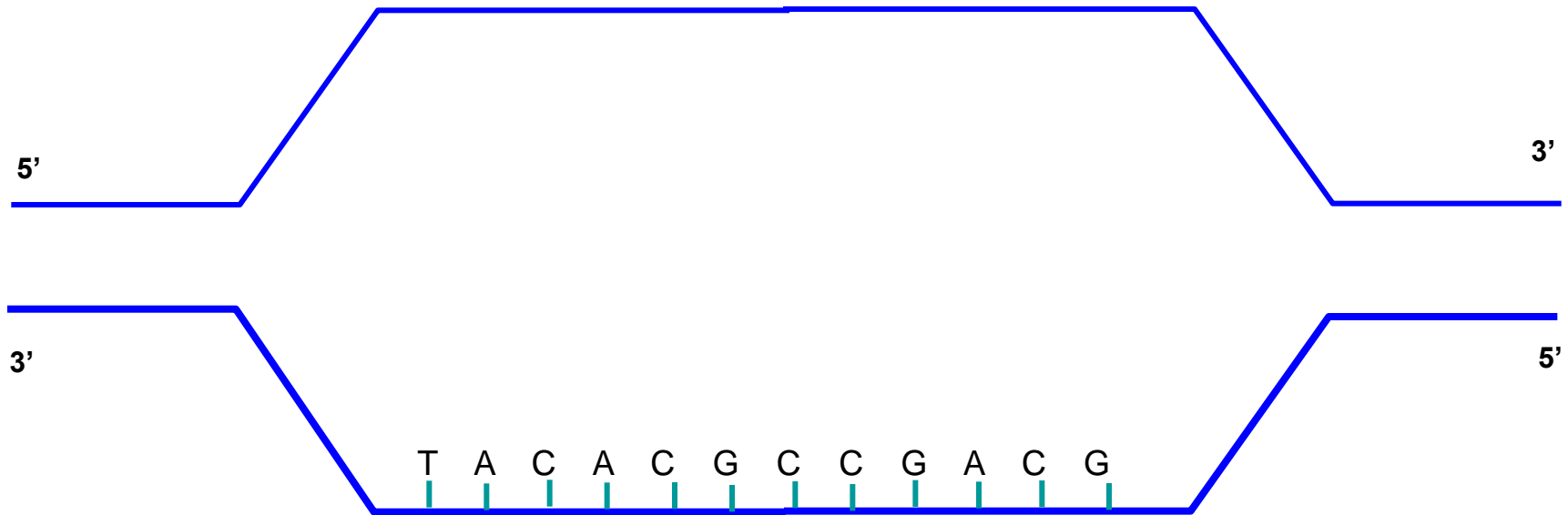
# La transcripción: Síntesis de ARN.



(i5)

— ARN  
— ADN

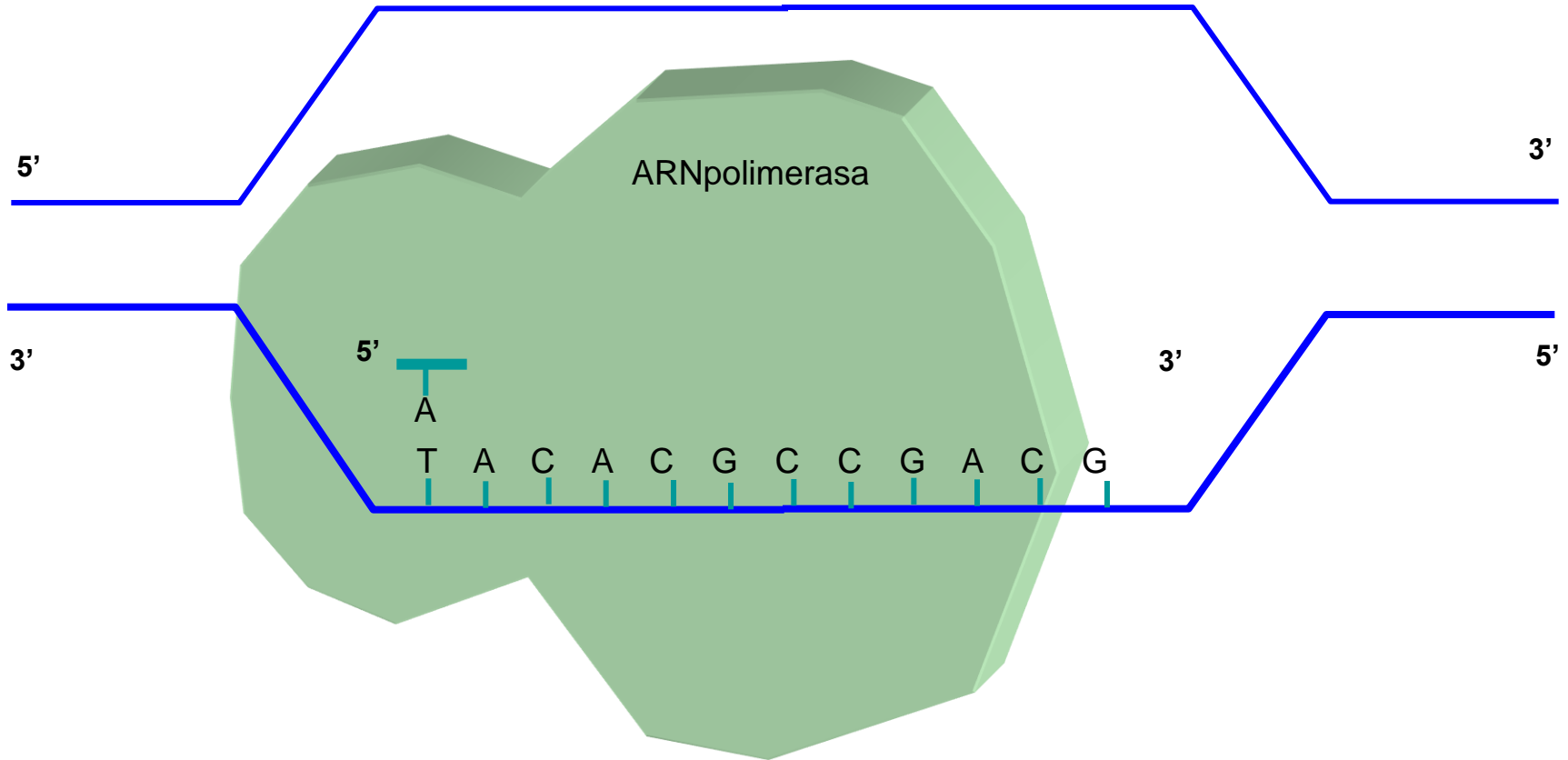
# La transcripción: Síntesis de ARN.



(i5)

— ARN  
— ADN

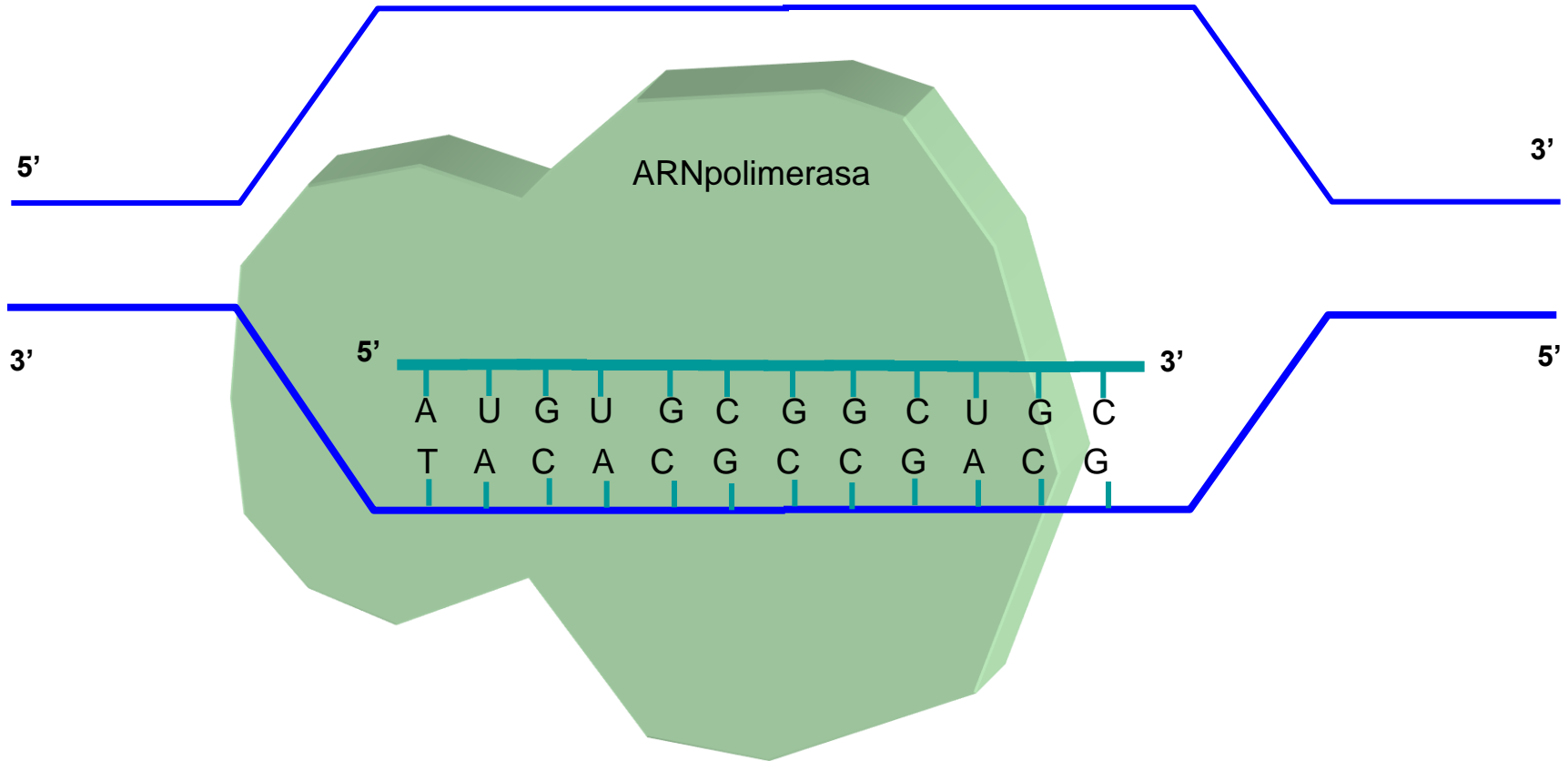
# La transcripción: Síntesis de ARN.



(i5)

— ARN  
— ADN

# La transcripción: Síntesis de ARN.

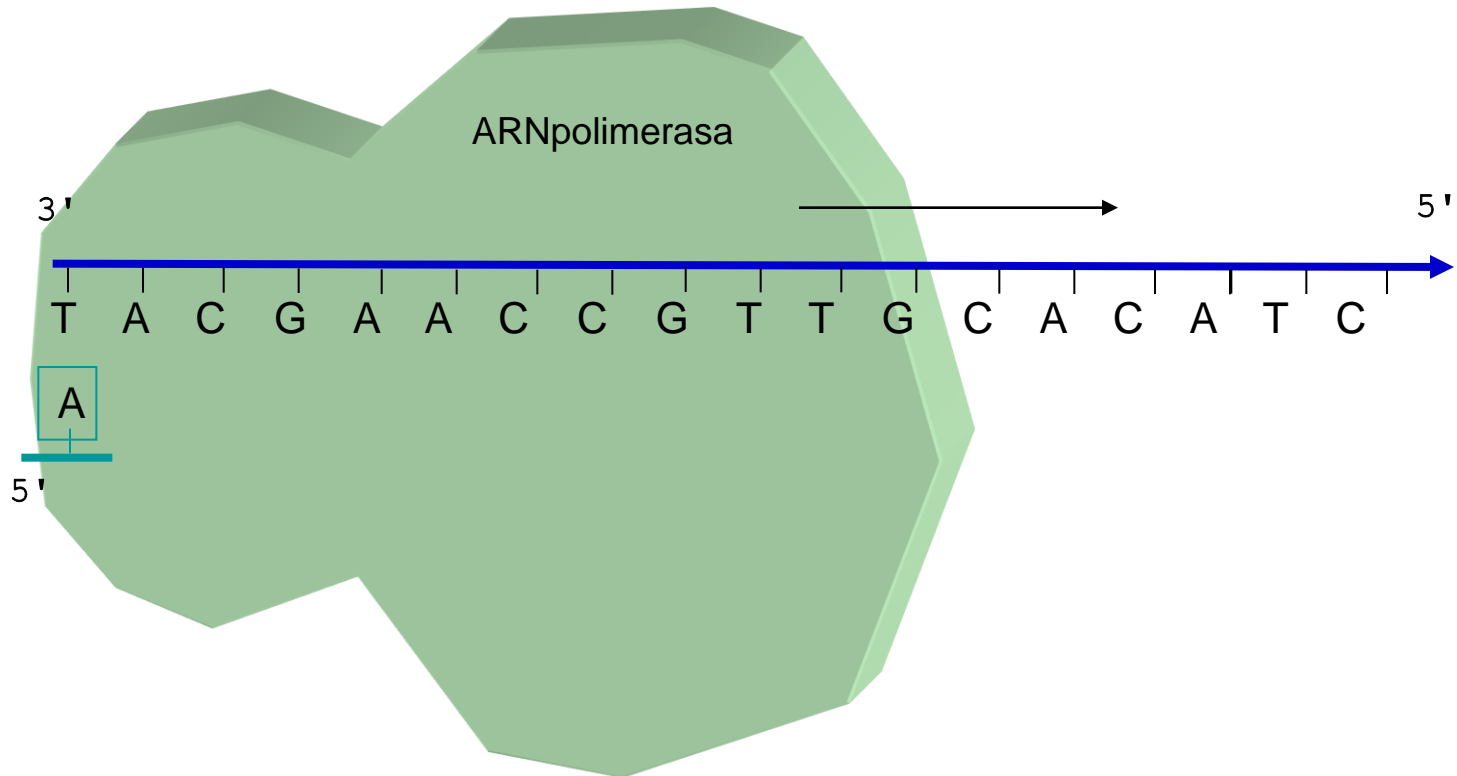


(i5)

— ARN  
— ADN

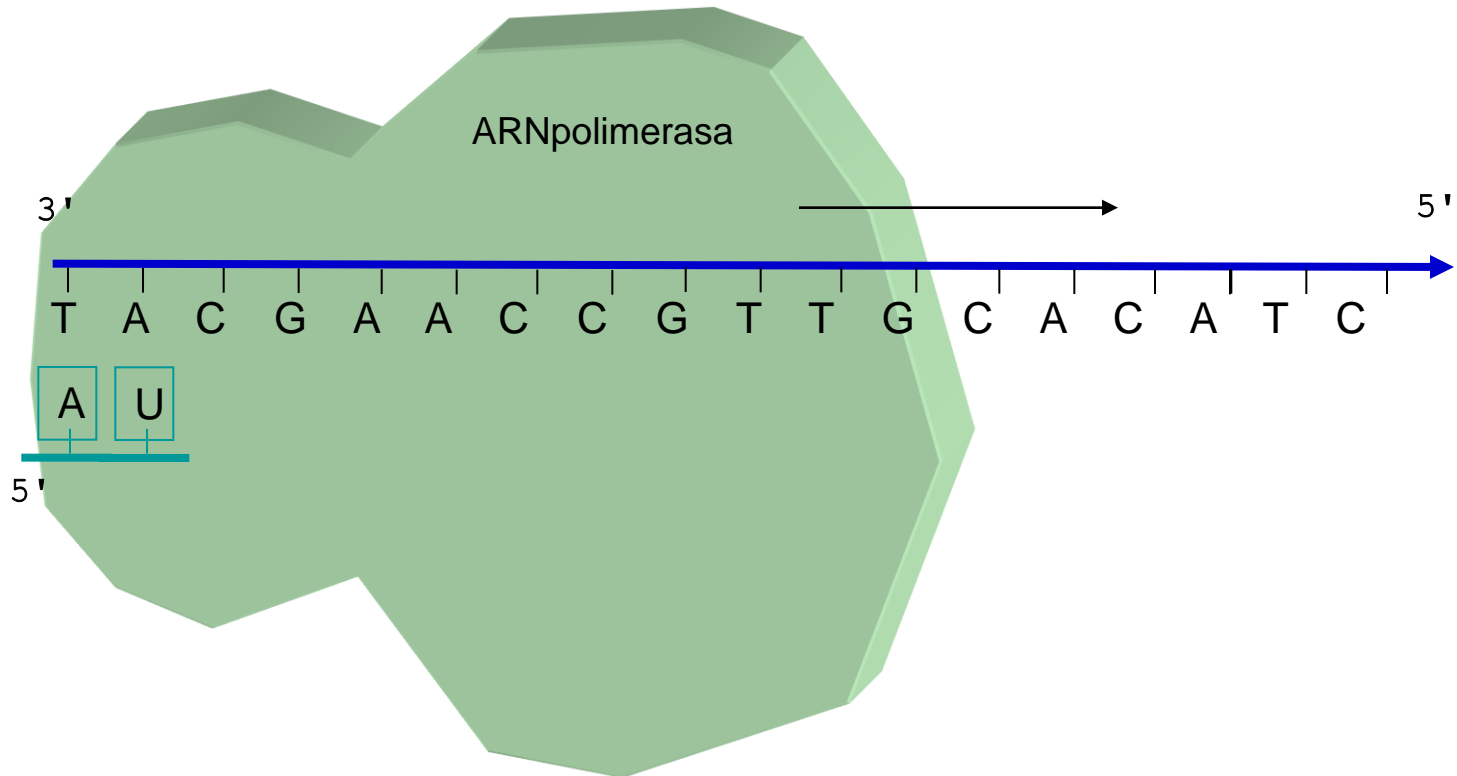
## Transcripción:

**1- Iniciación:** Una ARN-polimerasa comienza la síntesis del precursor del ARN a partir de unas señales de iniciación "secuencias de consenso" que se encuentran en el ADN.



## Transcripción:

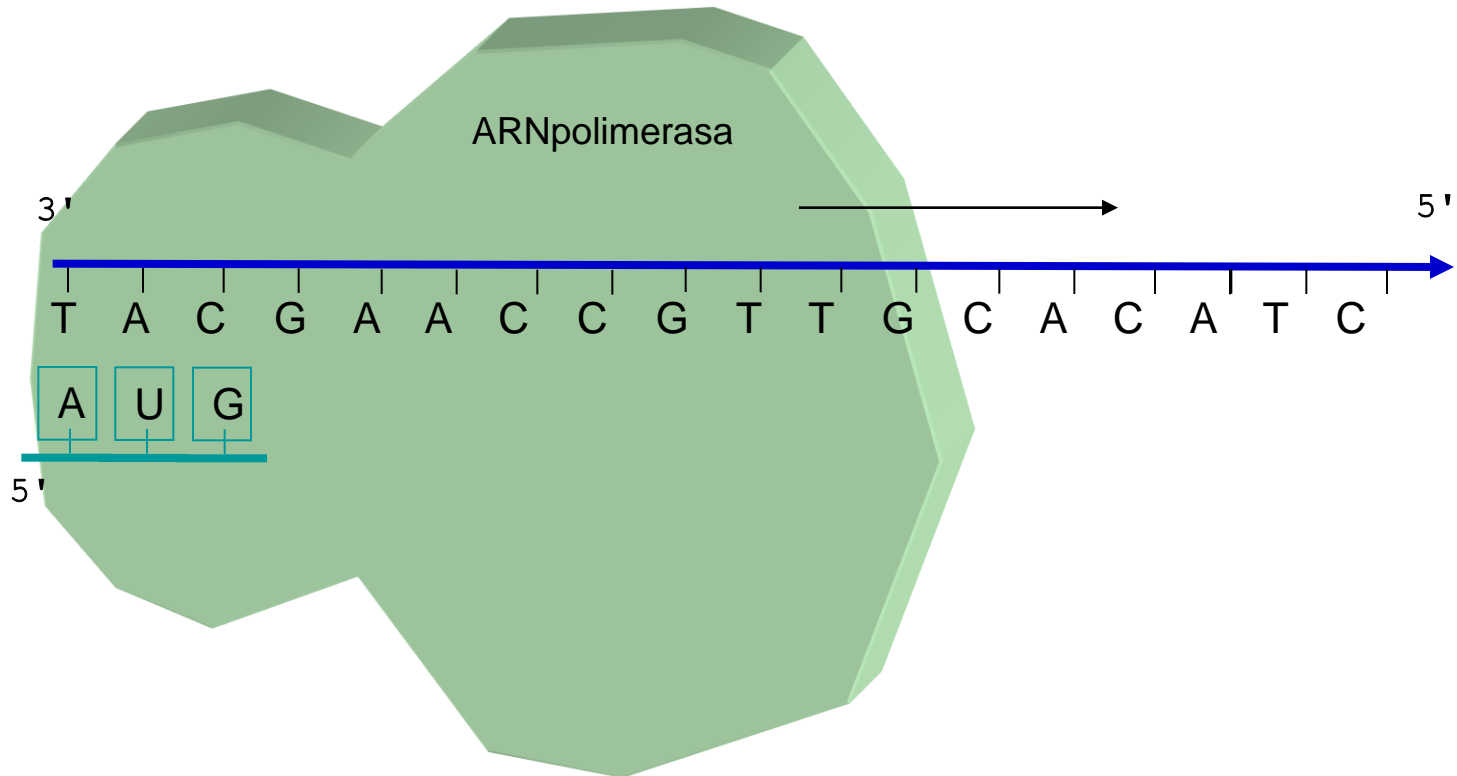
**1- Iniciación:** Una ARN-polimerasa comienza la síntesis del precursor del ARN a partir de unas señales de iniciación "secuencias de consenso" que se encuentran en el ADN.





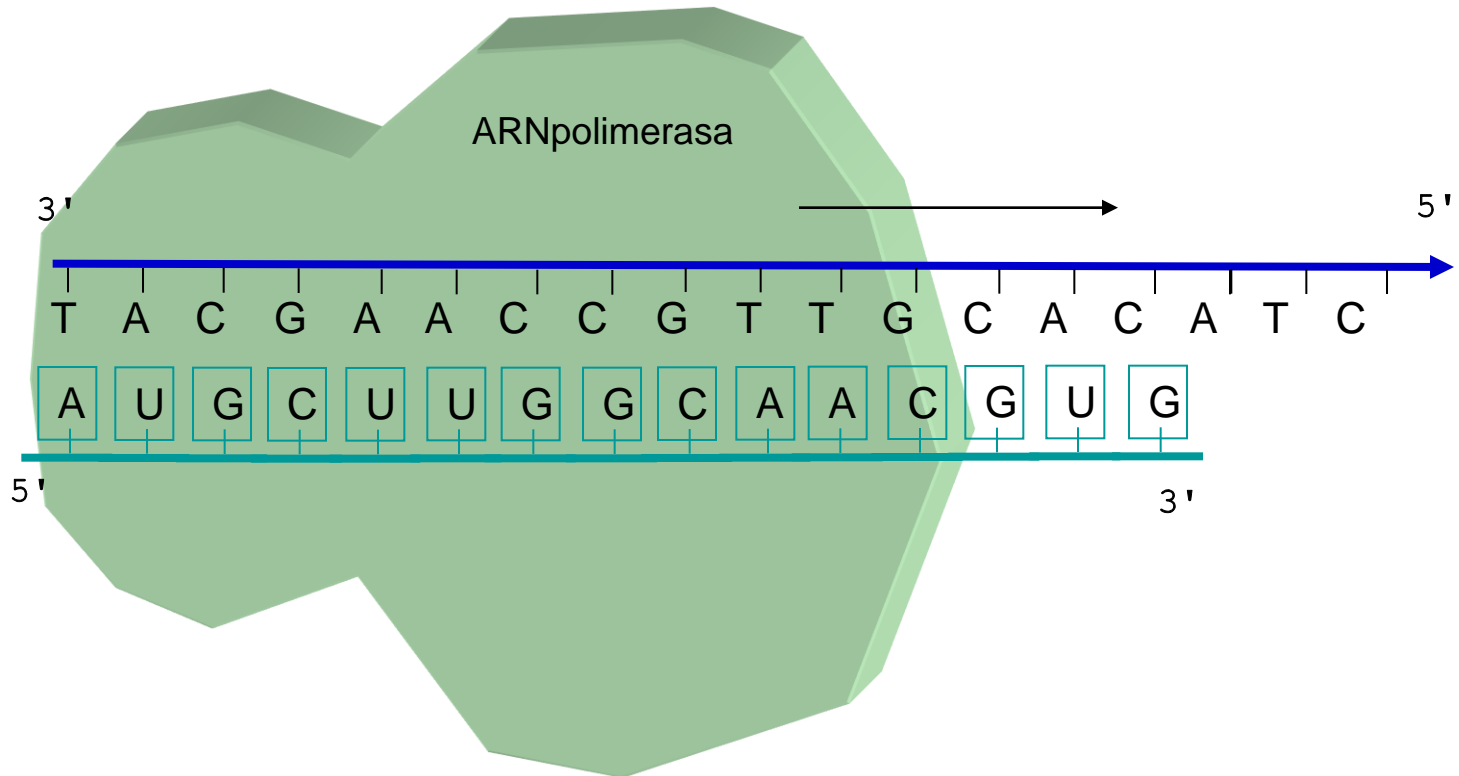
## Transcripción:

**1- Iniciación:** Una ARN-polimerasa comienza la síntesis del precursor del ARN a partir de unas señales de iniciación "secuencias de consenso" que se encuentran en el ADN.



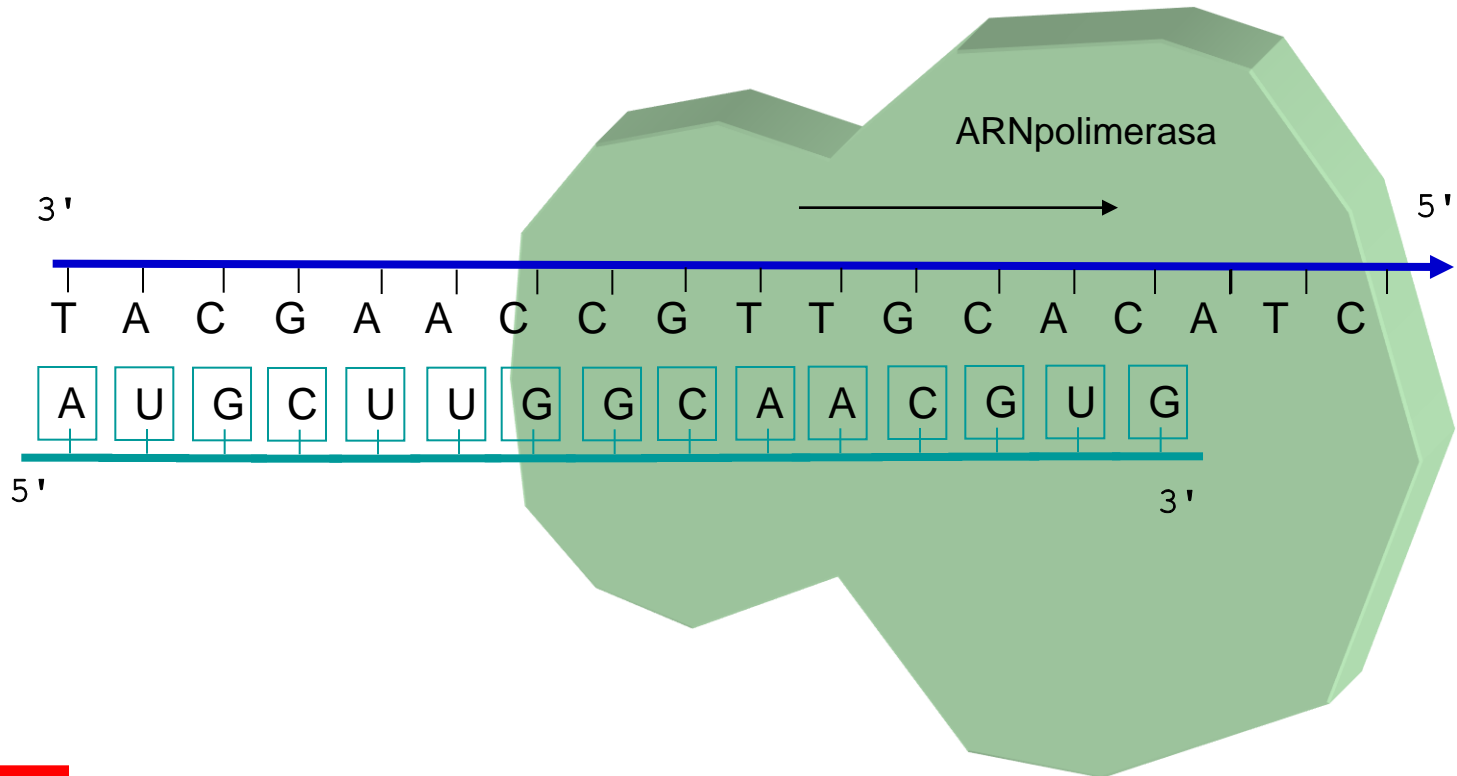
## Transcripción:

**1- Iniciación:** Una ARN-polimerasa comienza la síntesis del precursor del ARN a partir de unas señales de iniciación "secuencias de consenso" que se encuentran en el ADN.



## Transcripción:

**2. Alargamiento:** La síntesis de la cadena continúa en dirección 5'→3'. Después de 30 nucleótidos se le añade al ARN una **cabeza** (caperuza o líder) de metil-GTP en el extremo 5' con función protectora.

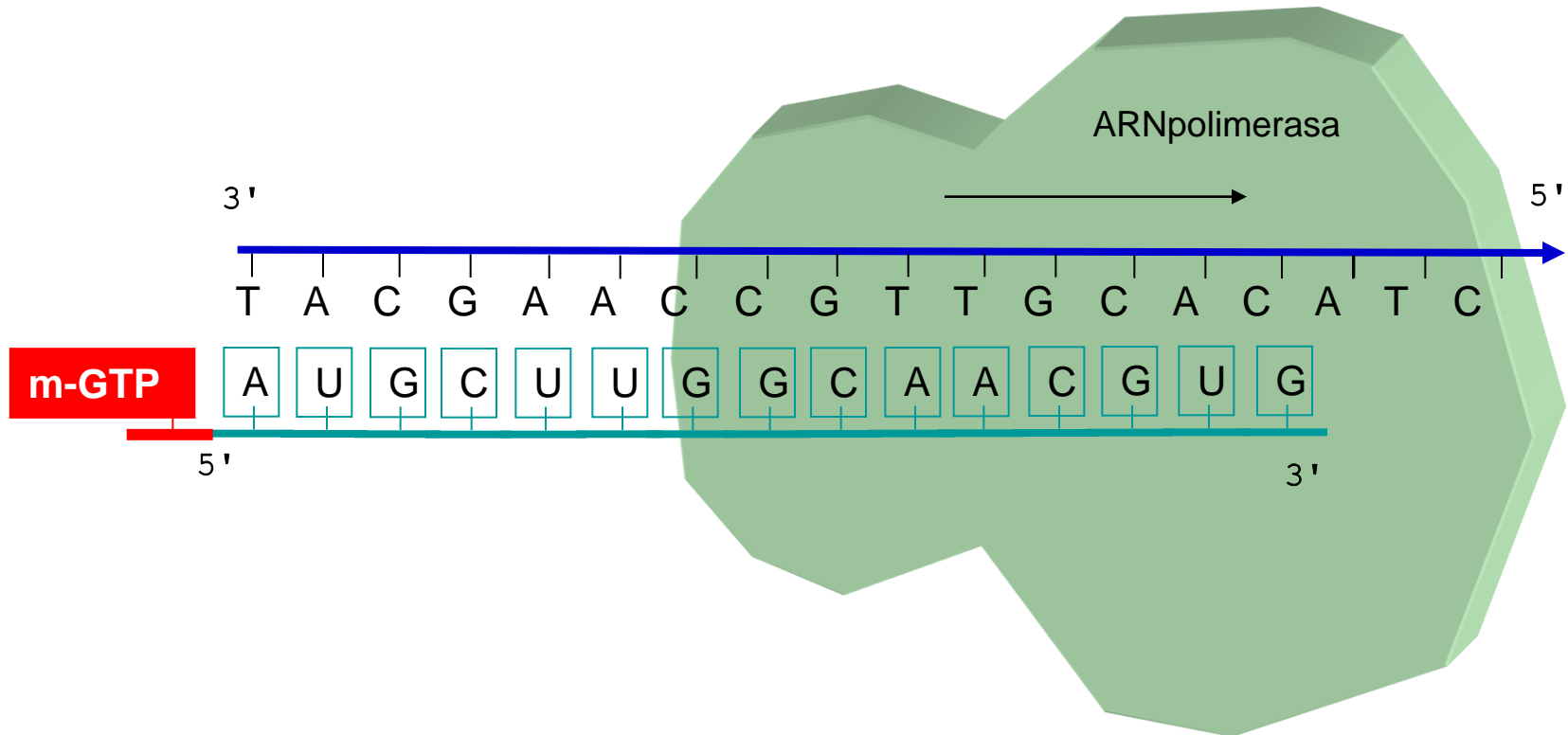


m-GTP



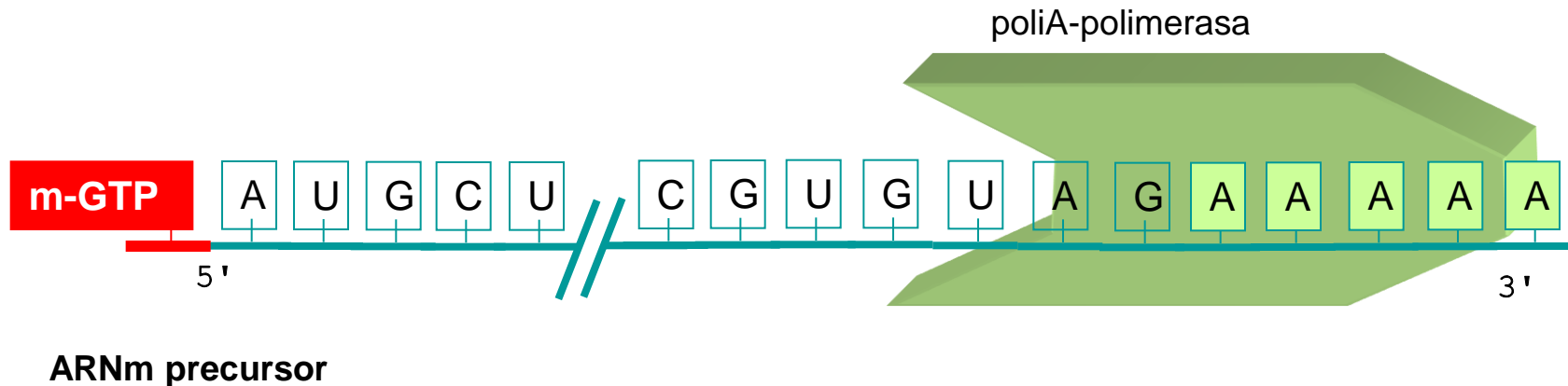
## Transcripción:

**2. Alargamiento:** La síntesis de la cadena continúa en dirección 5'→3'. Después de 30 nucleótidos se le añade al ARN una **cabeza** (caperuza o líder) de metil-GTP en el extremo 5' con función protectora.

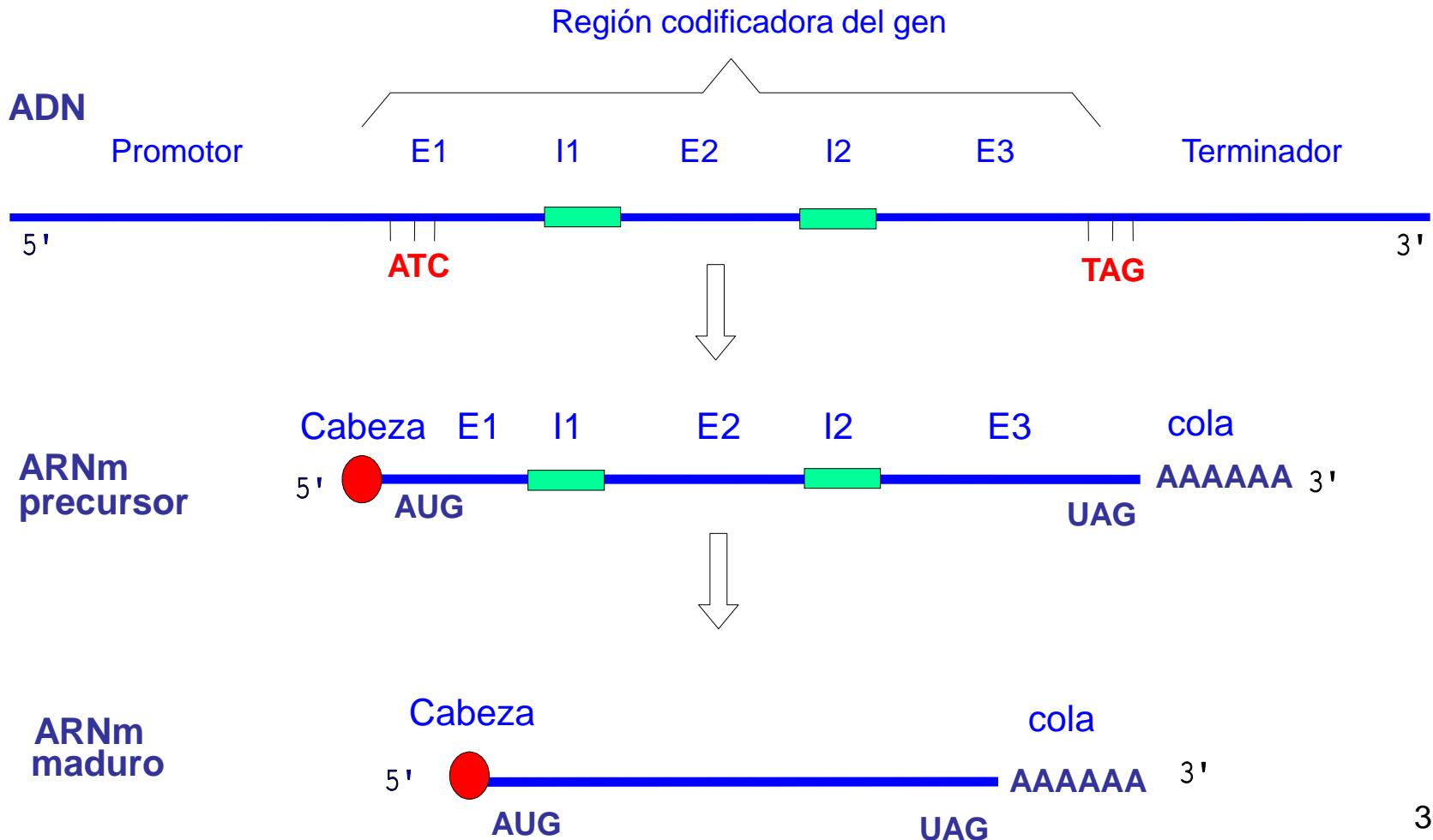


## Transcripción:

**3- Finalización:** Una vez que la enzima (ARN polimerasa) llega a la región terminadora del gen finaliza la síntesis del ARN. Entonces, una poliA-polimerasa añade una serie de nucleótidos con adenina, la **cola poliA**, y el ARN, llamado ahora **ARNm precursor**, se libera.



**4. Maduración:** El ARNm precursor contiene tanto exones como intrones. Se trata, por lo tanto, de un ARNm no apto para que la información que contiene sea traducida y se sintetice la correspondiente molécula proteica. En el proceso de maduración un sistema enzimático reconoce, corta y retira los intrones y las ARN-ligasas unen los exones, formándose el **ARNm maduro**.

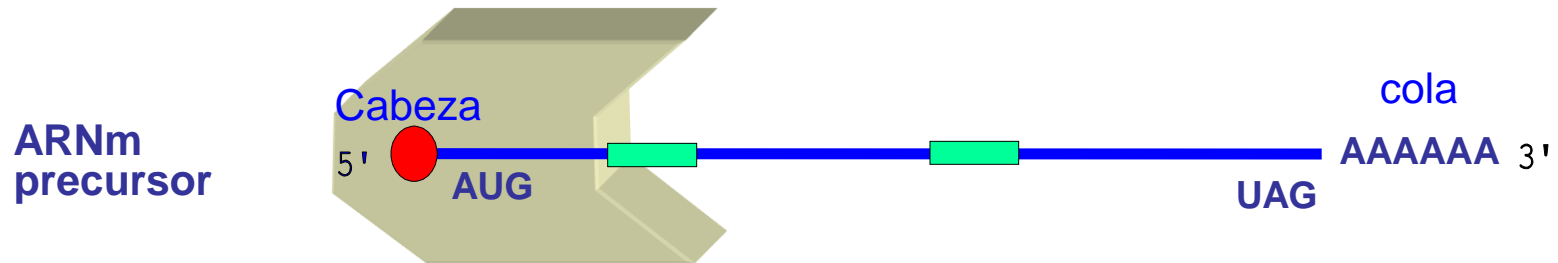


**4. Maduración (cont.):** El ARNm precursor contiene tanto exones como intrones. Se trata, por lo tanto, de un ARNm no apto para que la información que contiene sea traducida y se sintetice la correspondiente molécula proteica. En el proceso de maduración un sistema enzimático reconoce, corta y retira los intrones y las ARN-ligasas unen los exones, formándose el **ARNm maduro**.



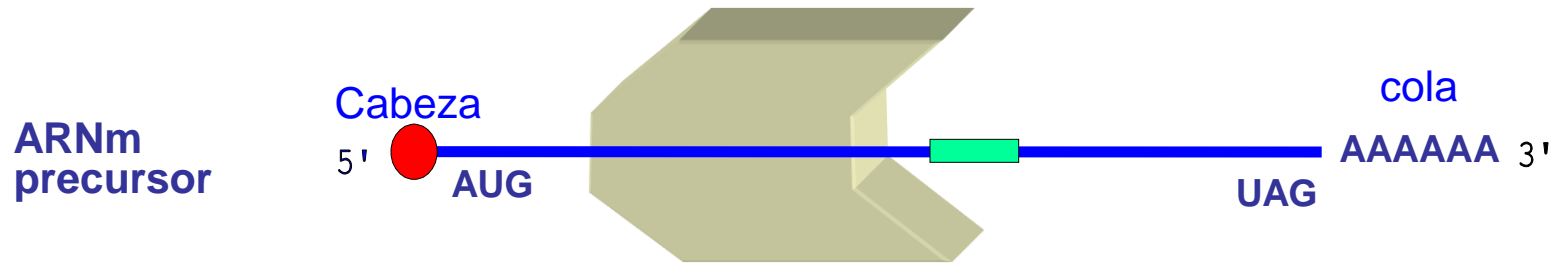
(i)

**4. Maduración (cont.):** El ARNm precursor contiene tanto exones como intrones. Se trata, por lo tanto, de un ARNm no apto para que la información que contiene sea traducida y se sintetice la correspondiente molécula proteica. En el proceso de maduración un sistema enzimático reconoce, corta y retira los intrones y las ARN-ligasas unen los exones, formándose el **ARNm maduro**.

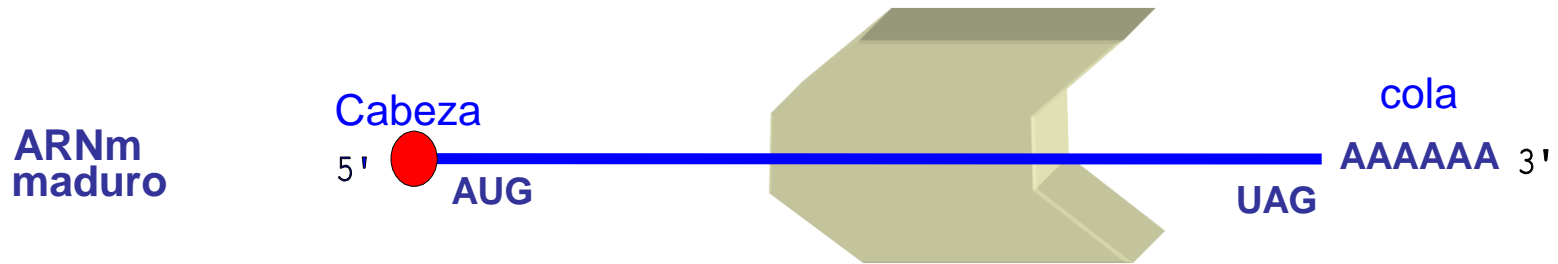




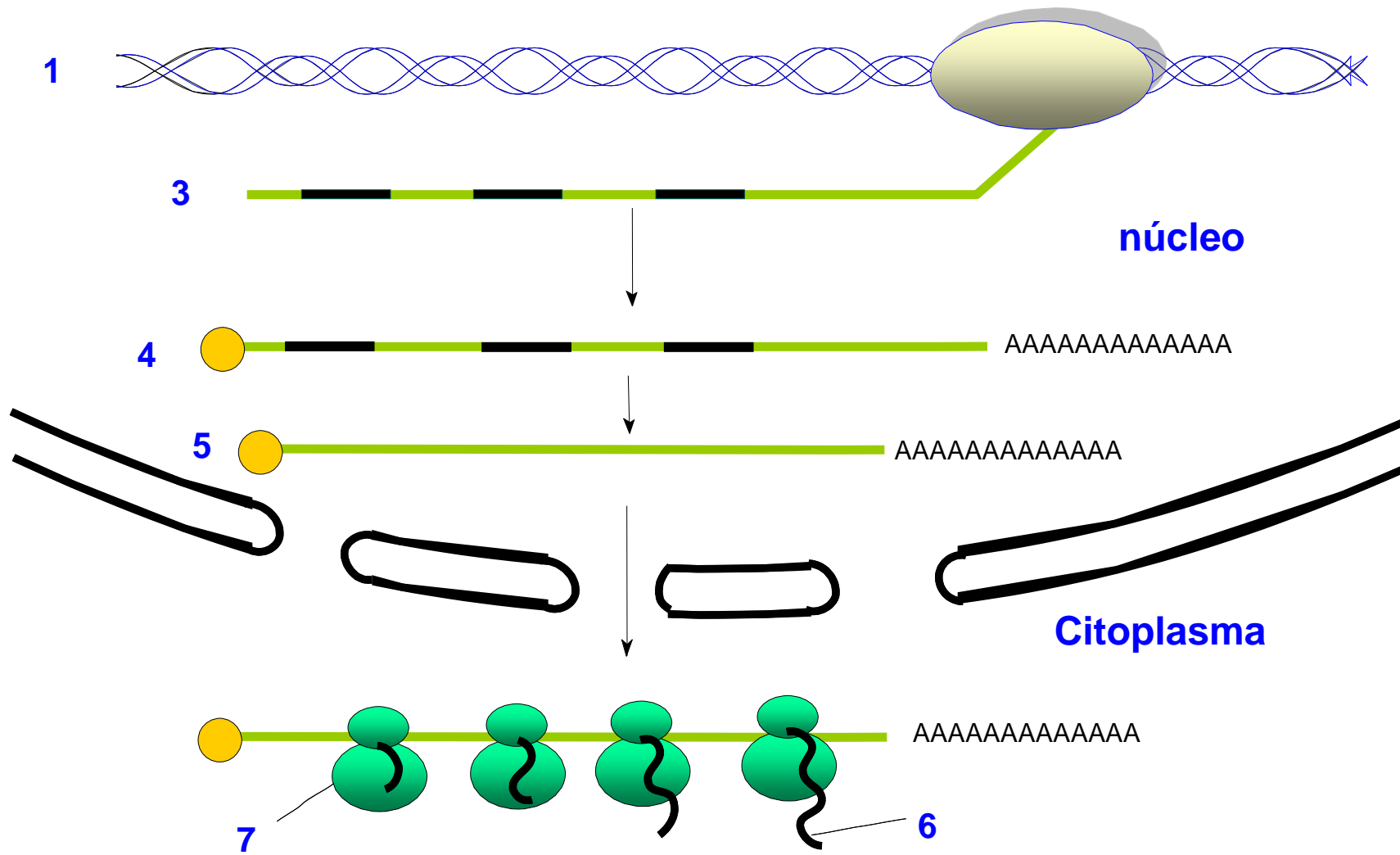
**4. Maduración (cont.):** El ARNm precursor contiene tanto exones como intrones. Se trata, por lo tanto, de un ARNm no apto para que la información que contiene sea traducida y se sintetice la correspondiente molécula proteica. En el proceso de maduración un sistema enzimático reconoce, corta y retira los intrones y las ARN-ligasas unen los exones, formándose el **ARNm maduro**.



**4. Maduración (cont.):** El ARNm precursor contiene tanto exones como intrones. Se trata, por lo tanto, de un ARNm no apto para que la información que contiene sea traducida y se sintetice la correspondiente molécula proteica. En el proceso de maduración un sistema enzimático reconoce, corta y retira los intrones y las ARN-ligasas unen los exones, formándose el **ARNm maduro**.



**Transcripción y traducción de un gen en eucariotas. 1) ADN; 2) ARNpolimerasa; 3) ARNmp ; 4) ARNm ; 5) ARNm maduro; 6) Proteína; 7) Ribosoma.**

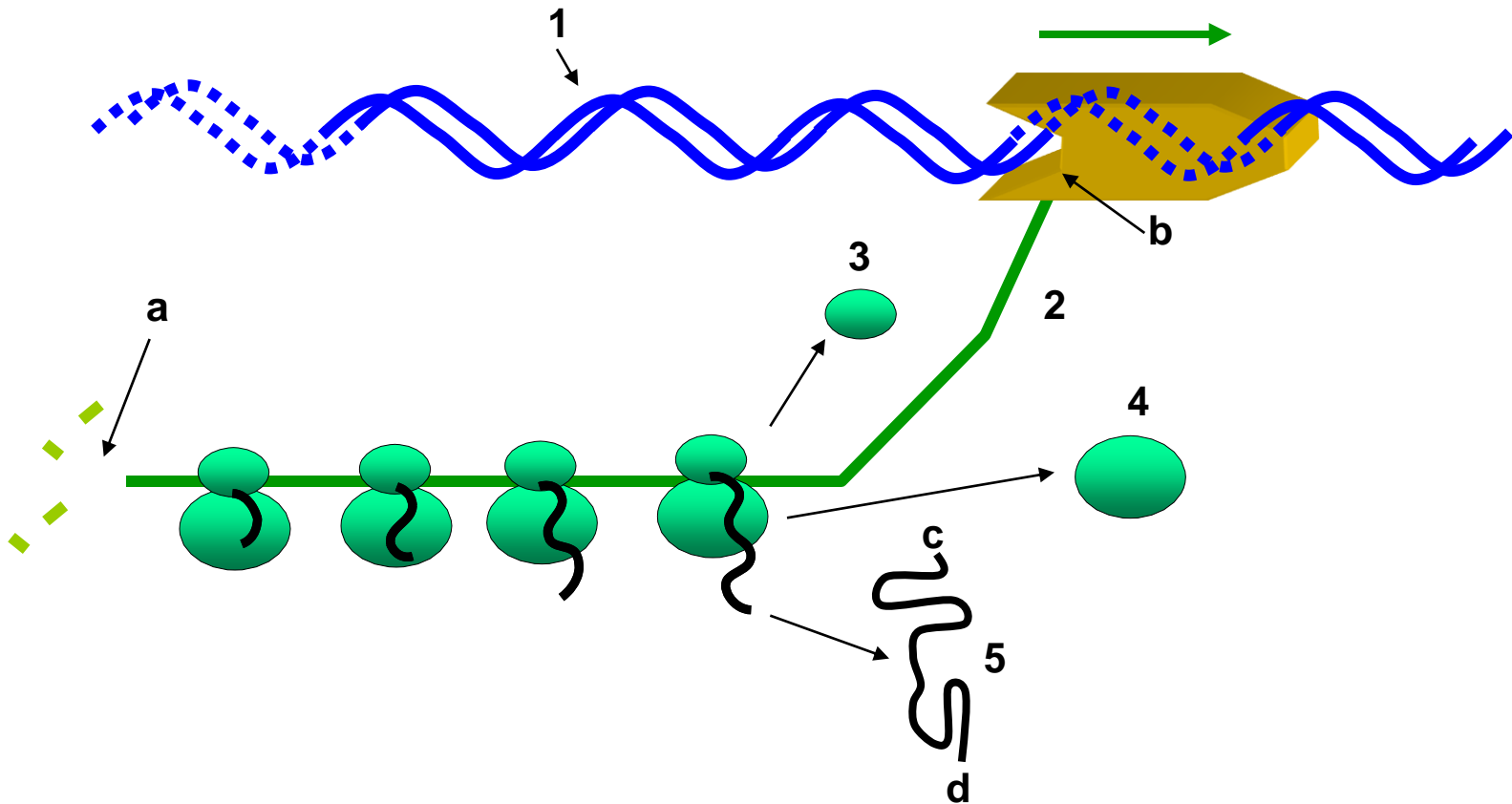


Para saber más

## Diferencias entre la transcripción en procariontas y en eucariotas:

- 1ª) En los procariontas el ARNm no tiene ni caperuza ni cola.
- 2ª) Tampoco tiene intrones y por lo tanto no requiere de un mecanismo de maduración.
- 3ª) Al mismo tiempo que el ARNm se transcribe se está ya traduciendo.
- 4ª) Los genes son policistrónicos. Esto es, un ARNm contienen información para varias proteínas.

Figura: Transcripción y traducción en procariontas. 1) ADN; 2) ARNm; 3) Subunidad menor del ribosoma; 4) Sub. mayor; 5) proteína; a) extremo 5'; b) extremo 3'; c) extremo carboxilo de la proteína; d) extremo amino (P.A.U junio del 99).



## **ÍNDICE**

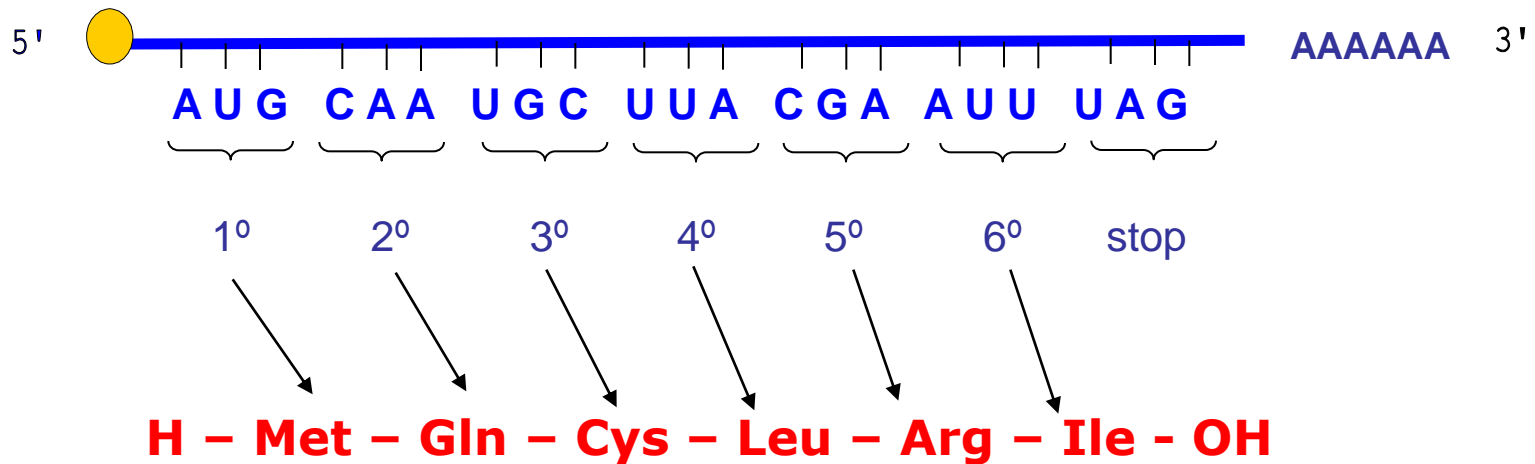
 **1- Los genes**

 **2- La transcripción de la información genética:  
Síntesis y maduración del ARN.**

 **3- El código genético**

 **4- Traducción de la información genética:  
Síntesis de proteínas**

Existe una relación entre la secuencia de bases del ARN con la secuencia de aminoácidos en las proteínas que recibe el nombre de **código genético**.



## EL CÓDIGO GENÉTICO

El ARNm tiene una estructura primaria complementaria de una de las cadenas del ADN. Esta disposición de las bases nitrogenadas en el ARNm es la que codifica la secuencia de aminoácidos de la proteína.

George Gamow postuló que un código de codones de tres bases debía ser el empleado por las células para codificar la secuencia aminoacídica.

**CRICK** demostró que los aminoácidos en las proteínas van a estar codificados por secuencias de tres bases nitrogenadas consecutivas de las cadenas de ARNm, a partir de la secuencia de iniciación AUG, complementaria de la secuencia de iniciación TAC del ADN. Cada una de estas secuencias de tres bases se llaman **tripletas** o **codones**.

Este código, que relaciona la secuencia de bases del ARN con la secuencia de aminoácidos en las proteínas, recibe el nombre de **código genético**.

## **EL CÓDIGO GENÉTICO: ¿Por qué cada aminoácido está codificado por tres bases?**

Los nucleótidos de los ácidos nucleicos tienen 4 bases diferentes: la adenina (A), la guanina (G), la citosina (C) y el uracilo (U).

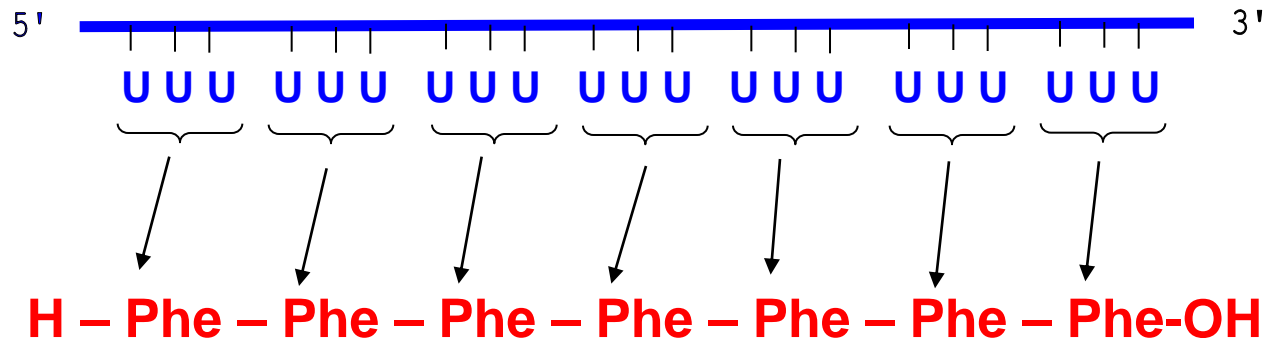
Al tener las proteínas 20 aminoácidos distintos, una o dos bases no serían suficientes para codificarlos:

- Una base daría sólo 4 combinaciones distintas:  $4^1 = 4$ .
- Las combinaciones posibles de dos bases serían:  $4^2 = 16$ .
- Las combinaciones posibles de 3 bases serían:  $4^3 = 64$ .

Así pues, al haber 64 codones o combinaciones de tres bases, como solamente hay 20 aminoácidos distintos, se deduce que varias tripletas codificarán un mismo aminoácido.



El hecho de que los codones constan de tres nucleótidos fue demostrado por primera vez en el experimento de Crick, Brenner y colaboradores. Marshall Nirenberg y Heinrich J. Matthaei en 1961 en los Institutos Nacionales de Salud descubrieron la primera correspondencia codón-aminoácido. Empleando un sistema libre de células, tradujeron una secuencia ARN de poli-uracilo (UUU...) y descubrieron que el polipéptido que habían sintetizado sólo contenía fenilalanina. (Wikipedia)



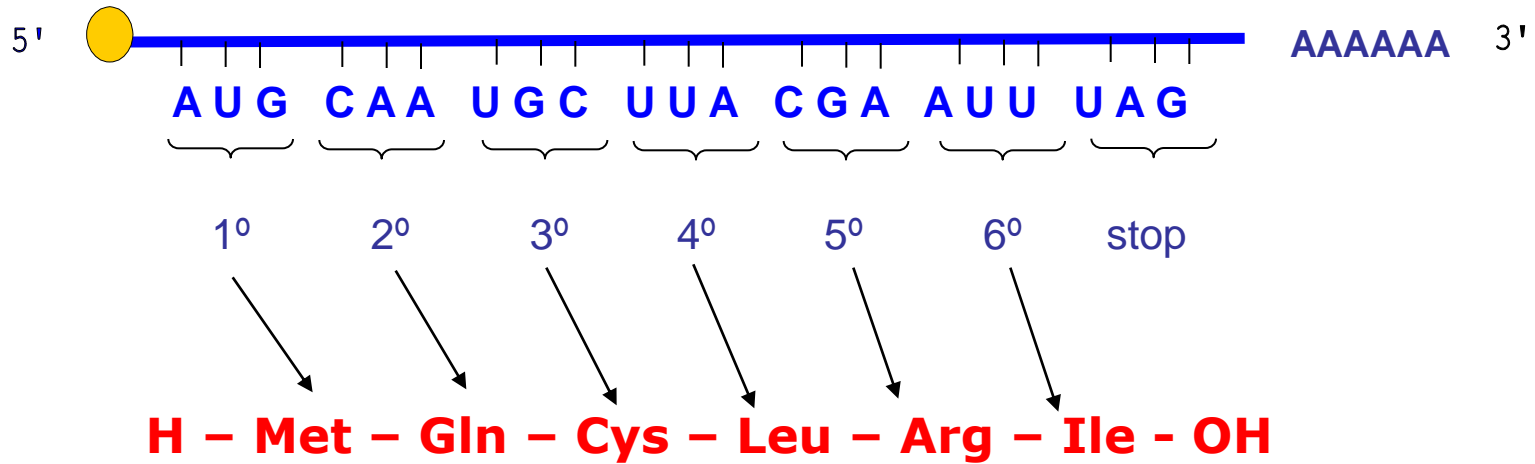
# EL CÓDIGO GENÉTICO

		Segunda base					
		U	C	A	G		
P r i m e r a	U	Phe UUU	Ser UCU	Tyr UAU	Cys UGU	U C A G	T e r c e r a
		Phe UUC	Ser UCC	Tyr UAC	Cys UGC		
		Leu UUA	Ser UCA	<b>Stop UAA</b>	<b>Stop UGA</b>		
		Leu UUG	Ser UCG	<b>Stop UAG</b>	Trp UGG		
b a s e	C	Leu CUU	Pro CCU	His CAU	Arg CGU	U C A G	b a s e
		Leu CUC	Pro CCC	His CAC	Arg CGC		
		Leu CUA	Pro CCA	Gln CAA	Arg CGA		
		Leu CUG	Pro CCG	Gln CAG	Arg CGG		
b a s e	A	Ile AUU	Thr ACU	Asn AAU	Ser AGU	U C A G	b a s e
		Ile AUC	Thr ACC	Asn AAC	Ser AGC		
		Ile AUA	Thr ACA	Lys AAA	Arg AGA		
		<b>Met AUG</b>	Thr ACG	Lys AAG	Arg AGG		
b a s e	G	Val GUU	Ala GCU	Asp GAU	Gly GGU	U C A G	b a s e
		Val GUC	Ala GCC	Asp GAC	Gly GGC		
		Val GUA	Ala GCA	Glu GAA	Gly GGA		
		Val GUG	Ala GCG	Glu GAG	Gly GGG		

## El código genético (orden alfabético por aminoácidos).

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

## Ejemplo de codificación de un péptido con seis aminoácidos.



## CARACTERÍSTICAS DEL CÓDIGO GENÉTICO

1ª El código genético es **universal**. Todos los seres vivos lo emplean; con ciertas excepciones, por ejemplo, el de las mitocondrias, que tiene algunas diferencias.

2ª Se trata de un código **degenerado** pues el número de tripletas (64) es superior al de aminoácidos existentes en las proteínas (20).

3ª Existen tres tripletas que no codifican ningún aminoácido, son las tripletas "**sin sentido**", de "**paro**" o "**stop**". Estas tripletas marcan el final de la región a traducir, esto es, el final de la molécula proteica.

4ª La secuencia **AUG** codifica el principio de la región que se va a traducir y al mismo tiempo sirve para codificar al aminoácido metionina. Por lo tanto, todas las proteínas comienzan por la metionina. Ahora bien, posteriormente, esta metionina que ocupa la posición inicial puede ser eliminada.

## **ÍNDICE**

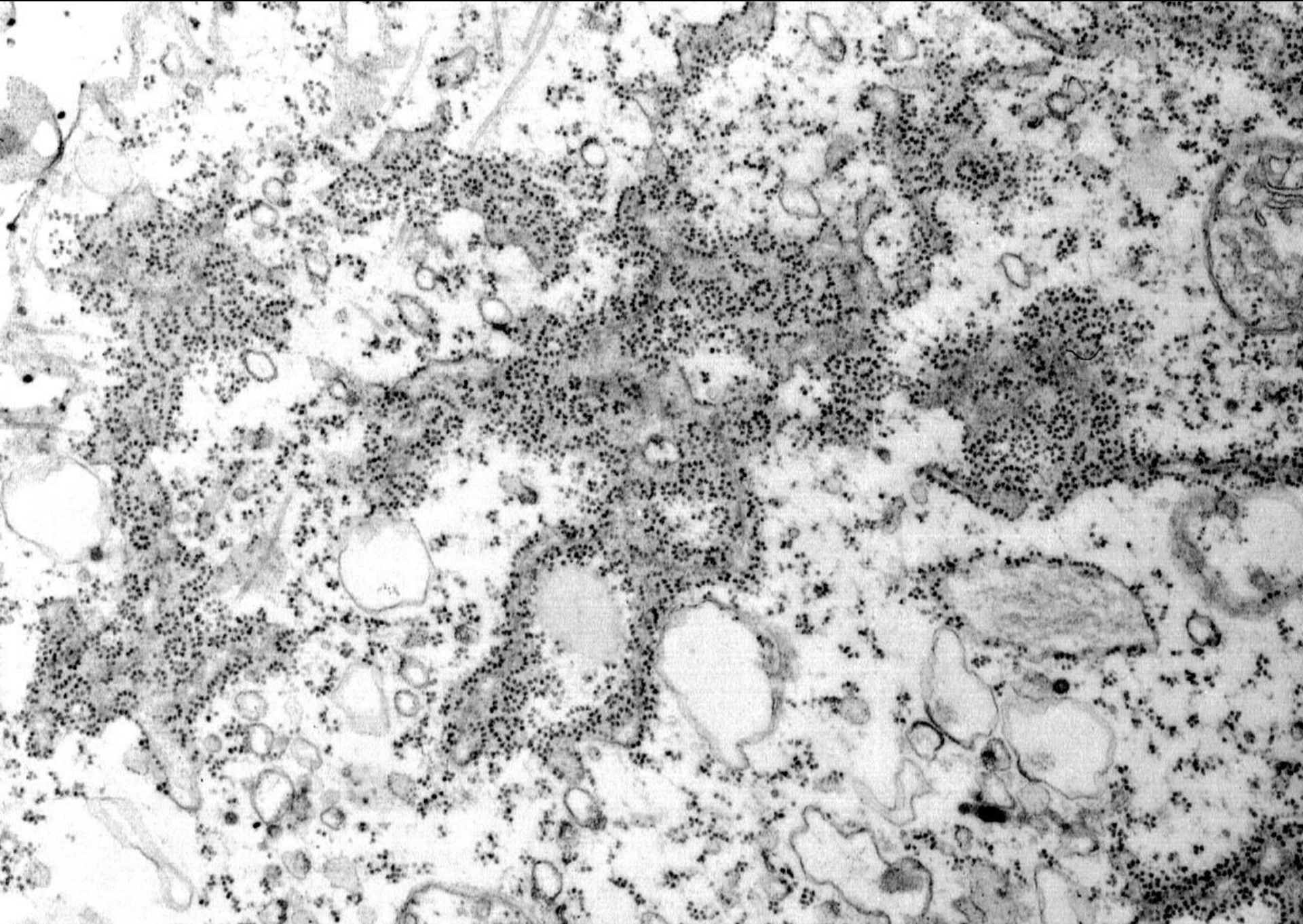
 **1- Los genes**

 **2- La transcripción de la información genética:  
Síntesis y maduración del ARN.**

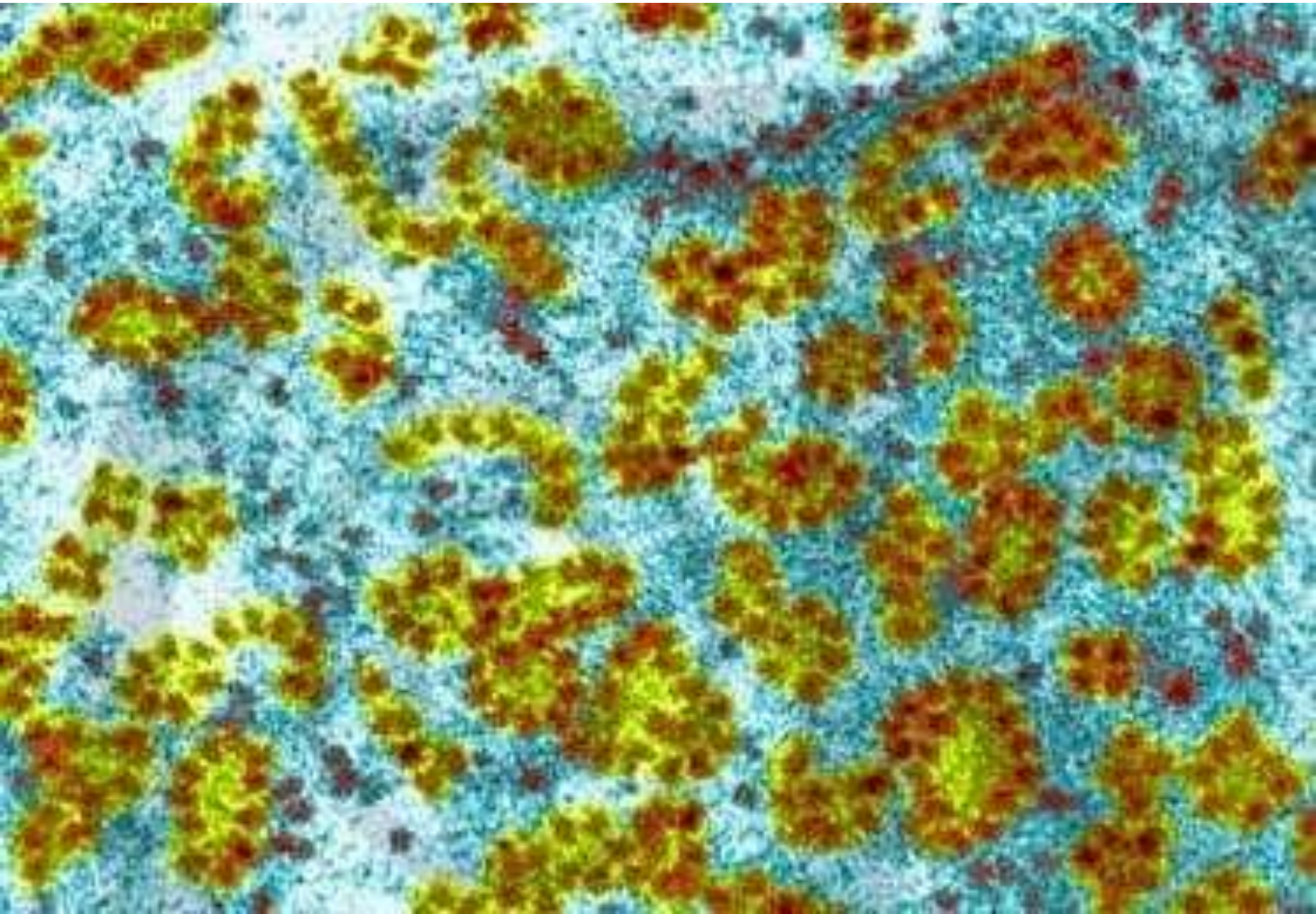
 **3- El código genético**

 **4- Traducción de la información genética:  
Síntesis de proteínas**

Polirribosomas sintetizando proteínas en el hialoplasma celular.



## Ribosomas en el hialoplasma celular.



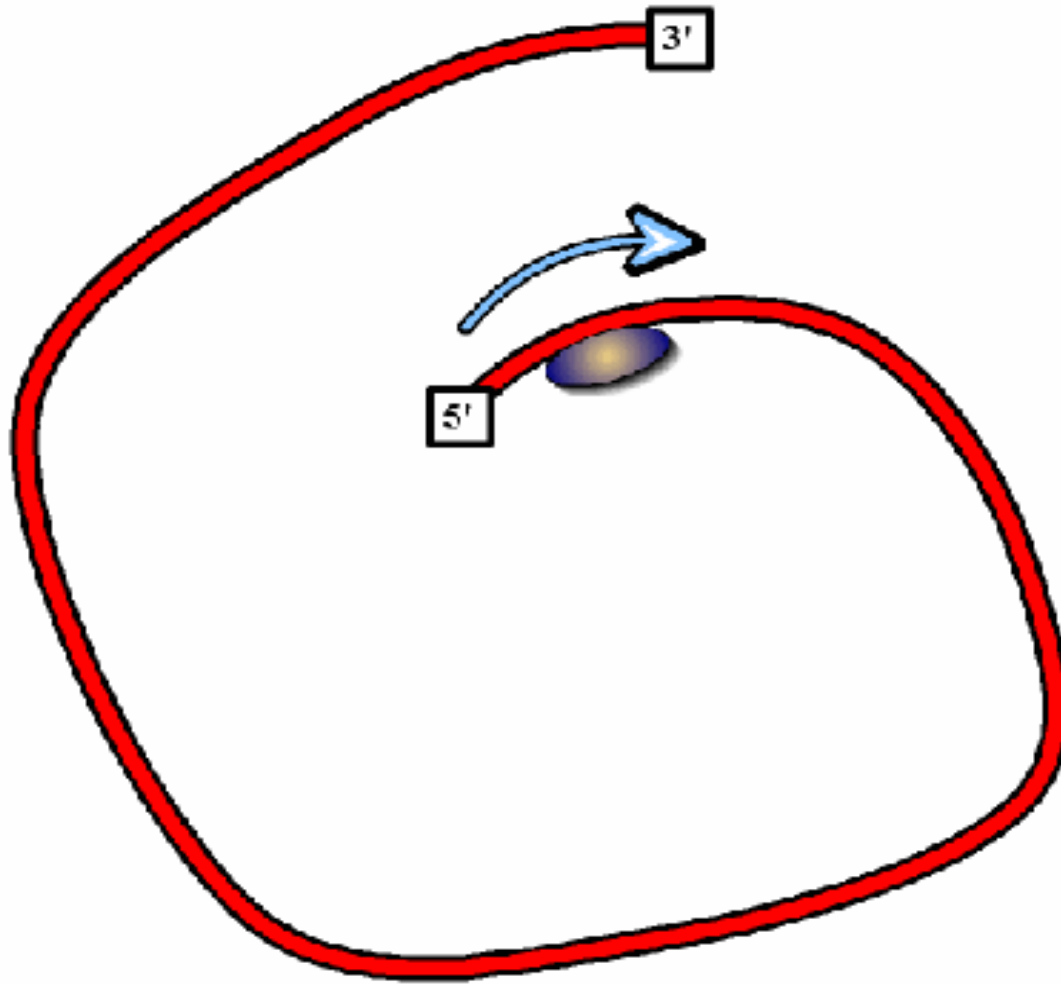


# hybrid

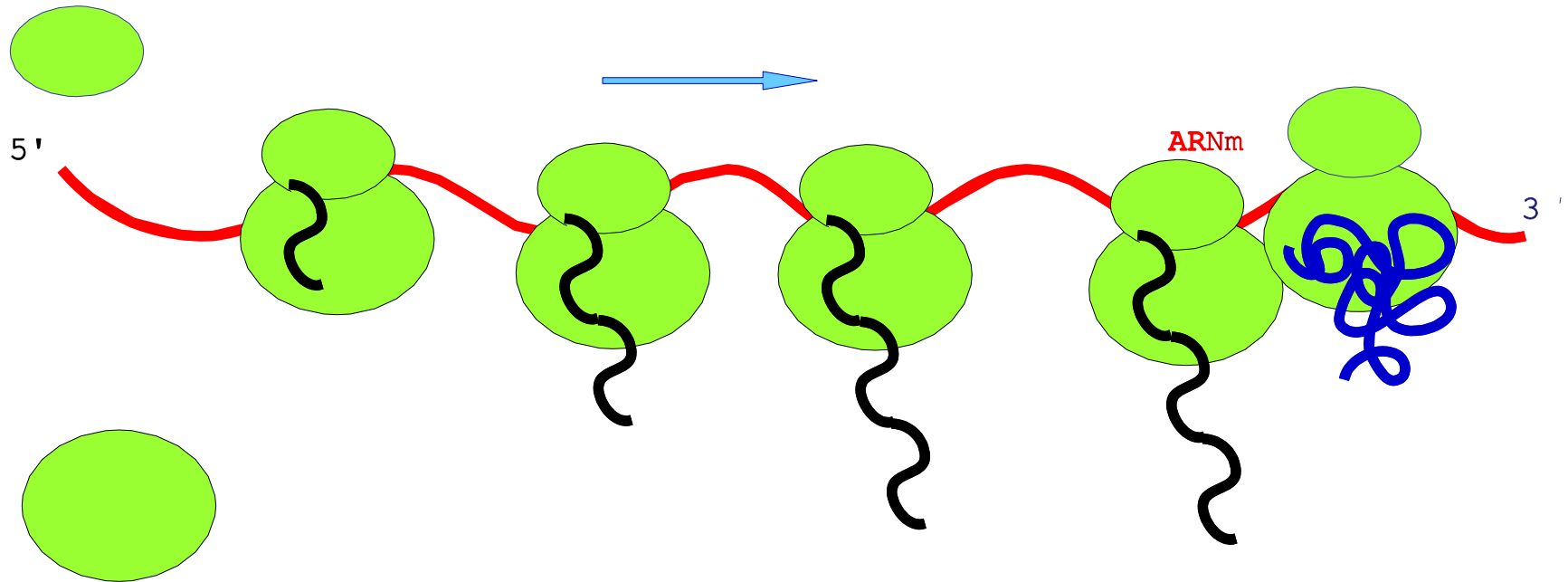
medical animation



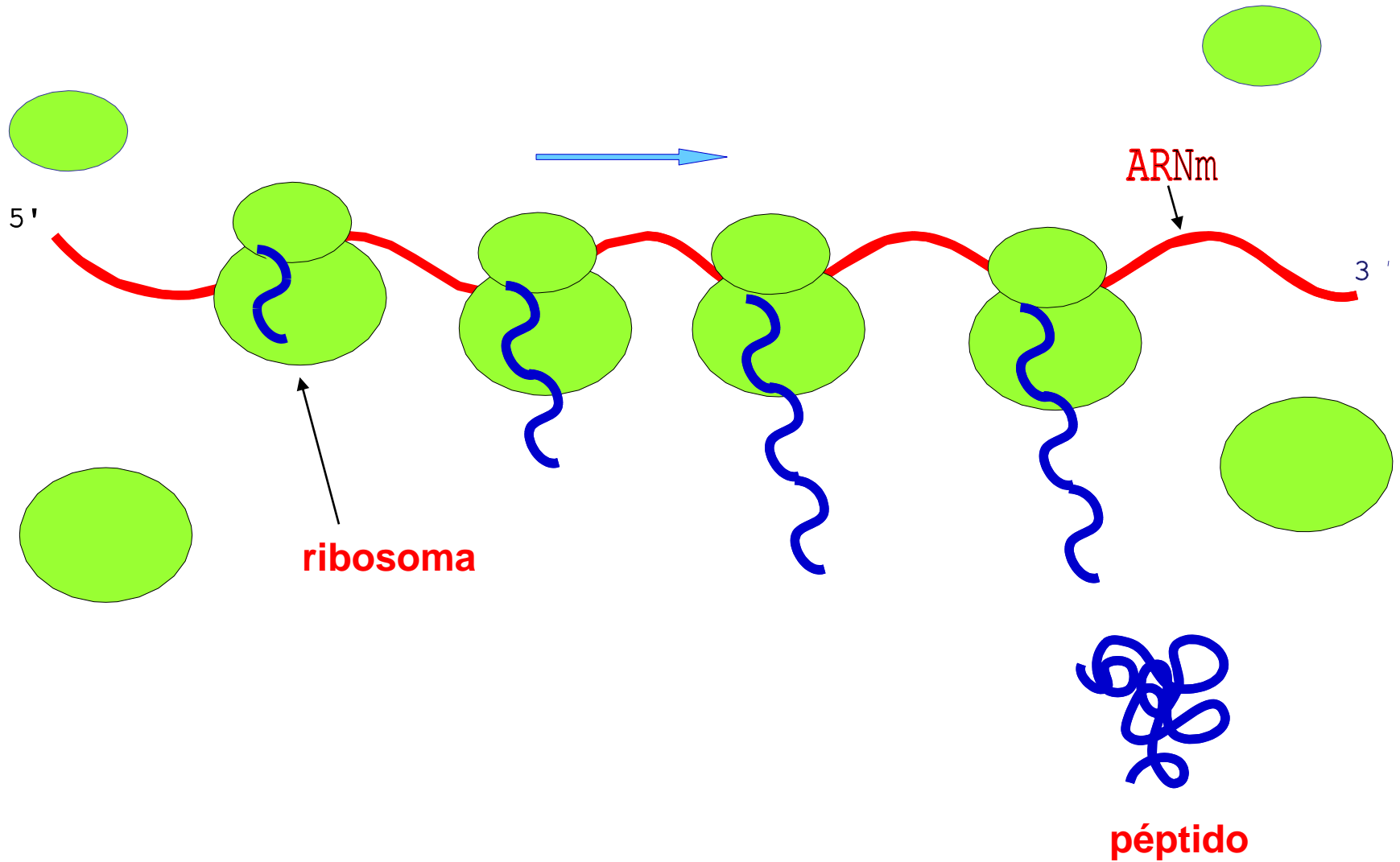
Para saber más

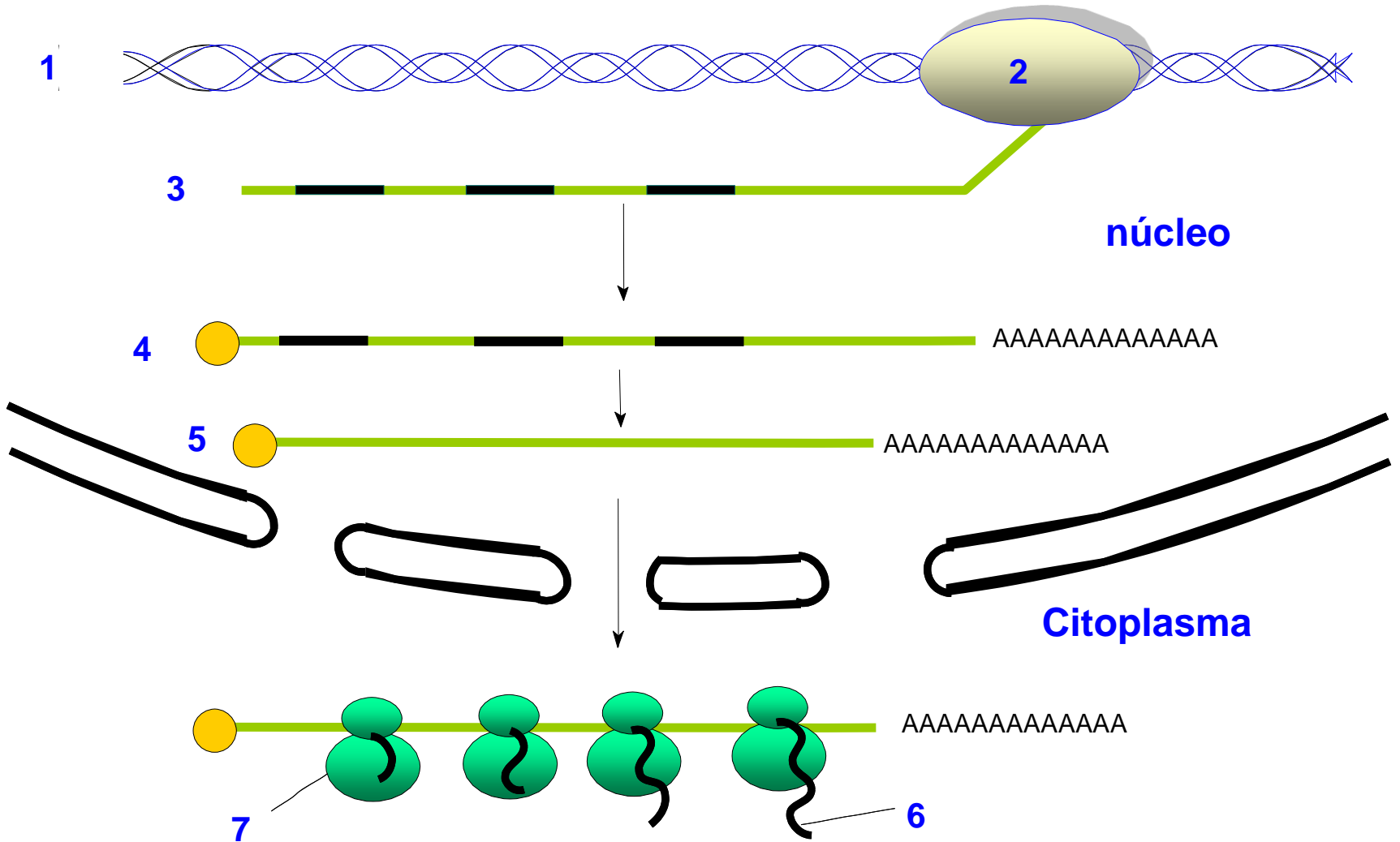


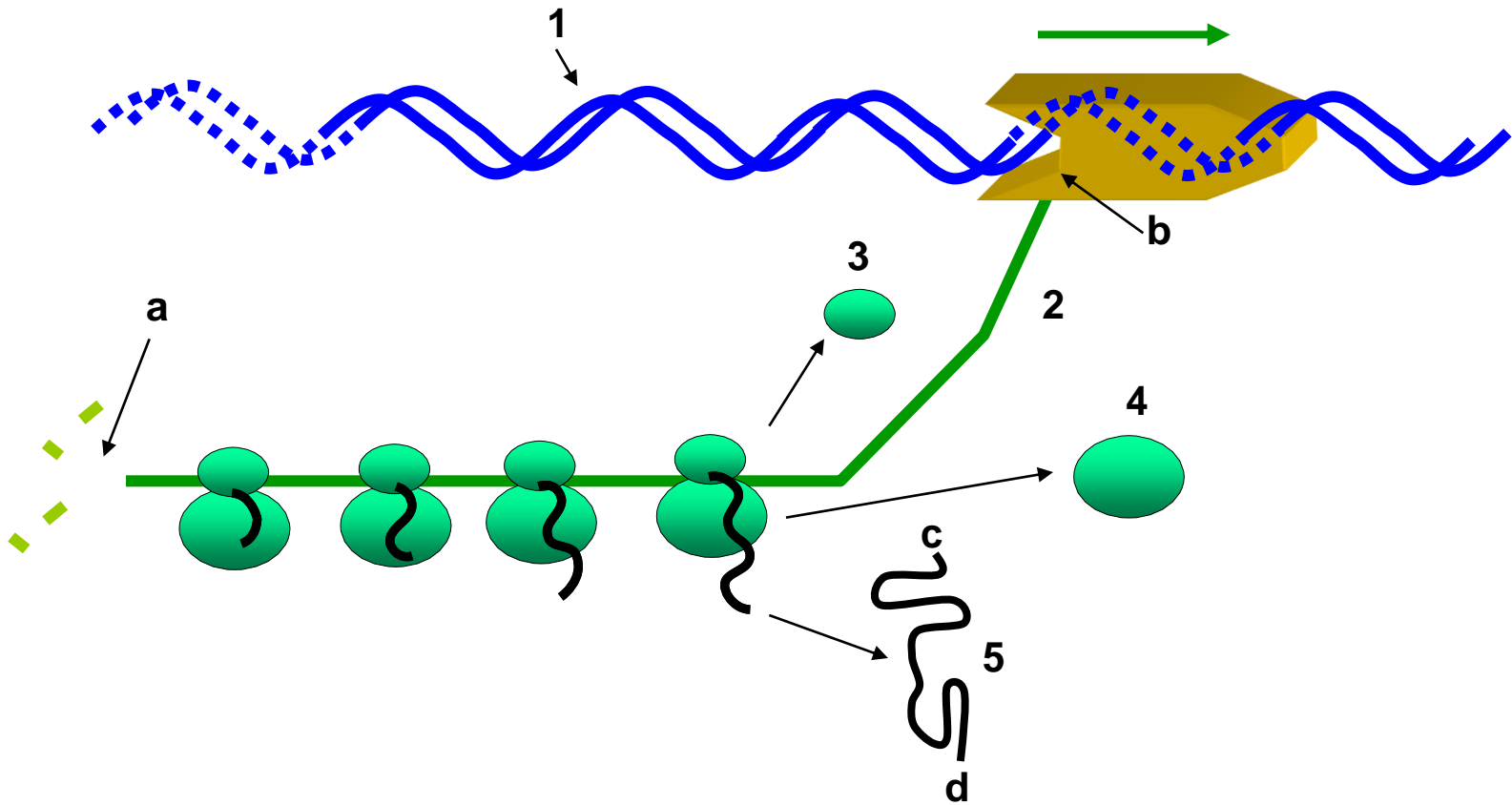
# Traducción de la información genética



# Traducción de la información genética





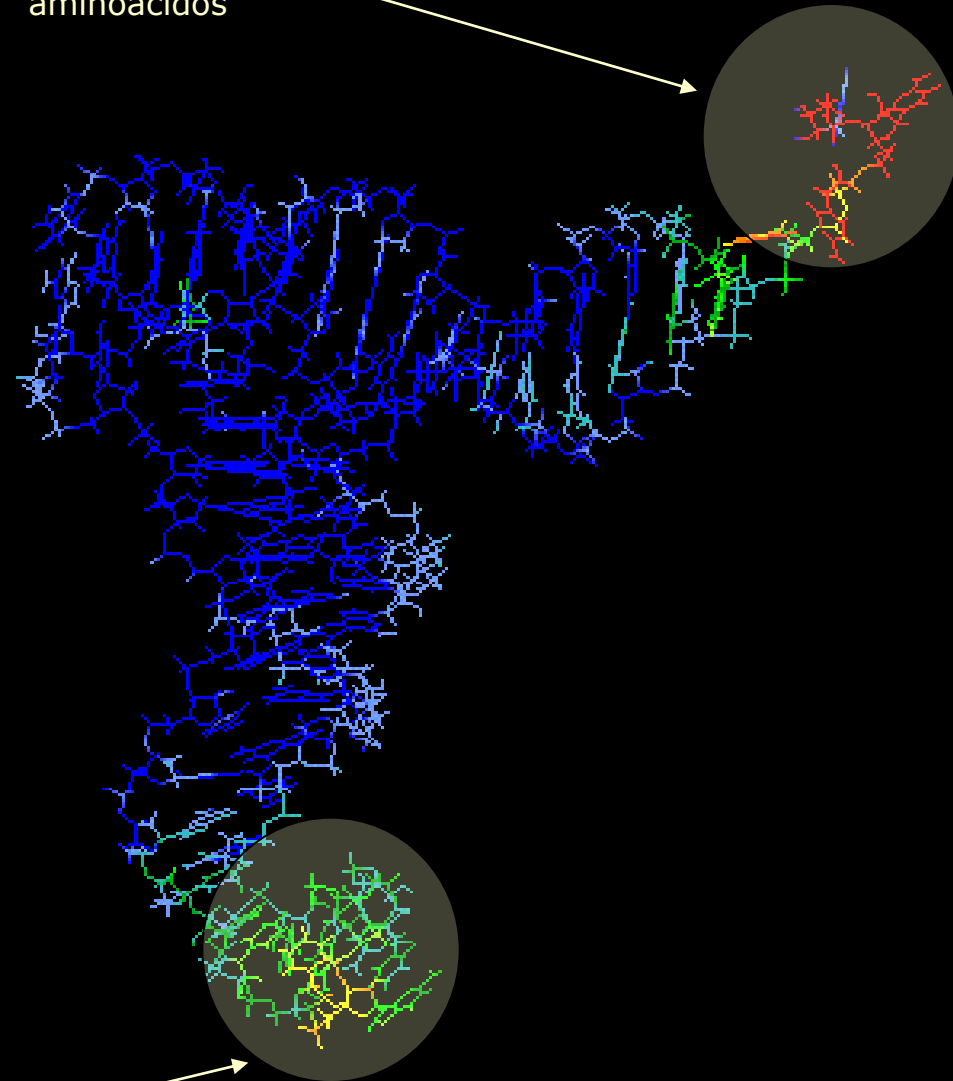


# **MECANISMO DE LA TRADUCCIÓN DE LA INFORMACIÓN GENÉTICA**

**(SÍNTESIS DE UN PÉPTIDO)**

Recordemos cómo es la estructura química del ARNt.

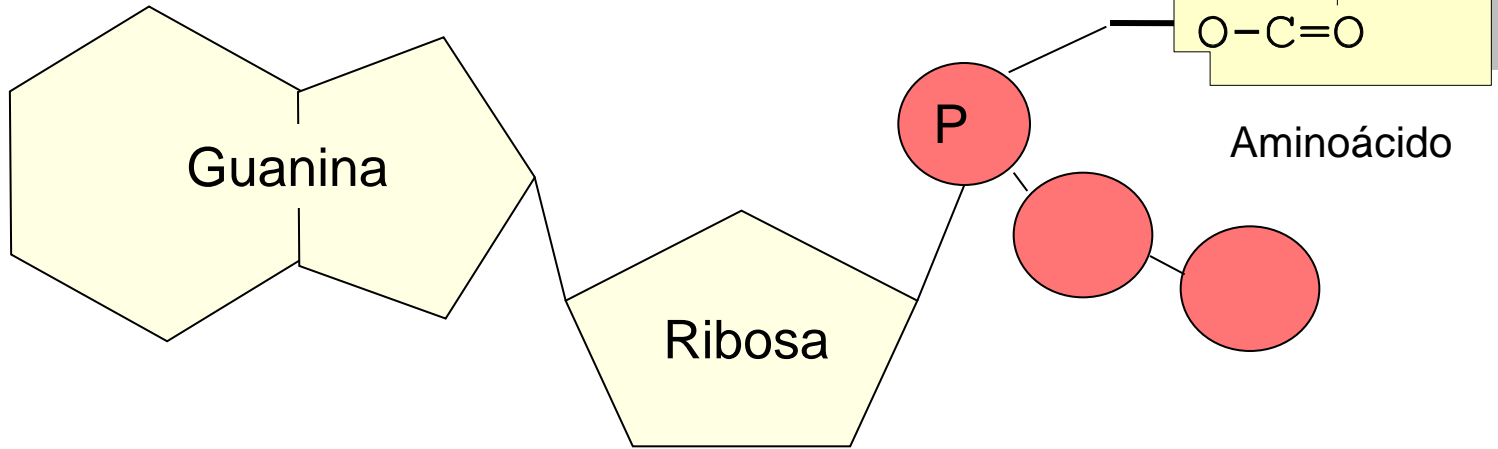
Brazo aceptor de aminoácidos



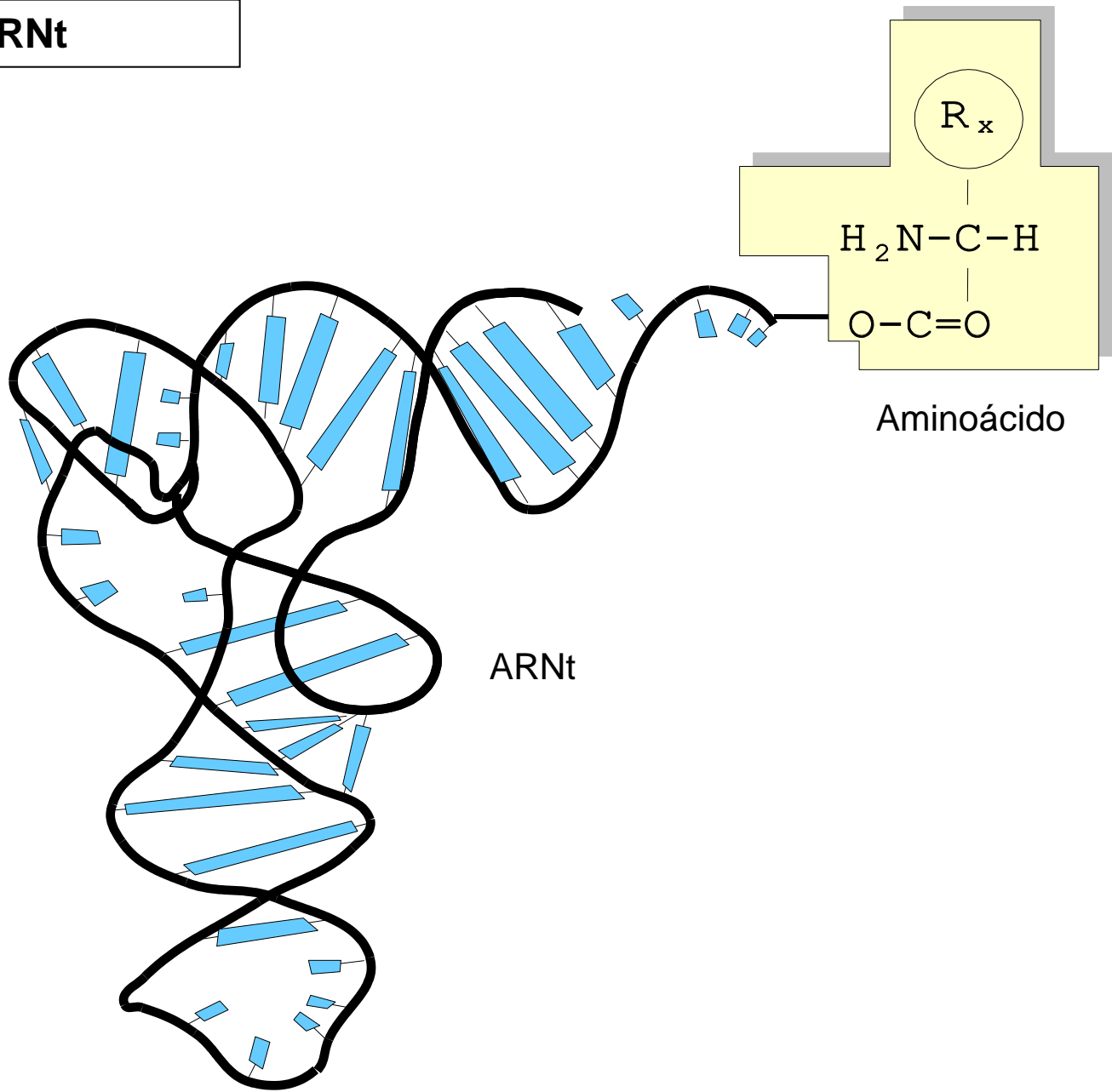
Bucle del anticodon



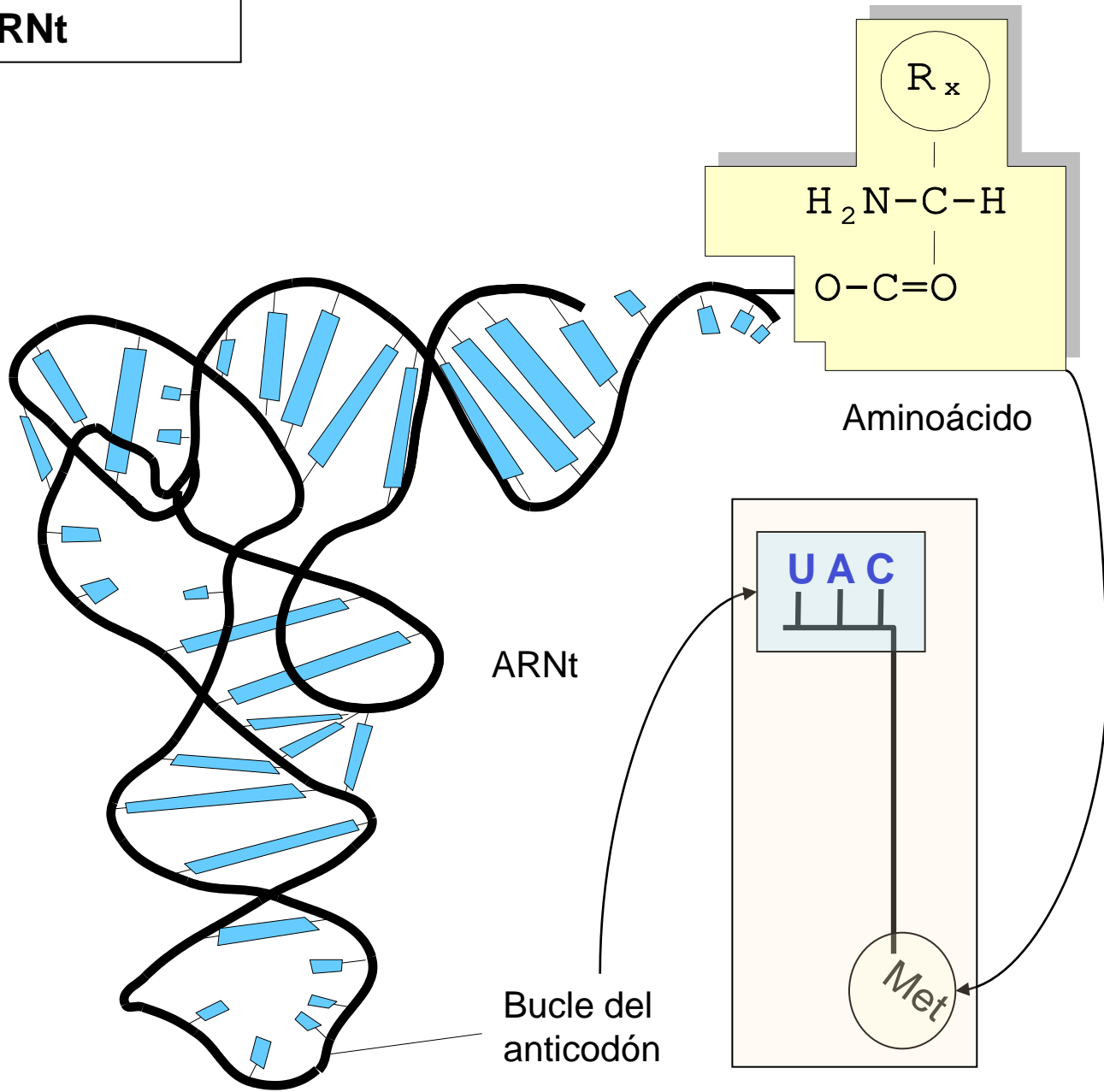
# 1ª) Activación de los aminoácidos:



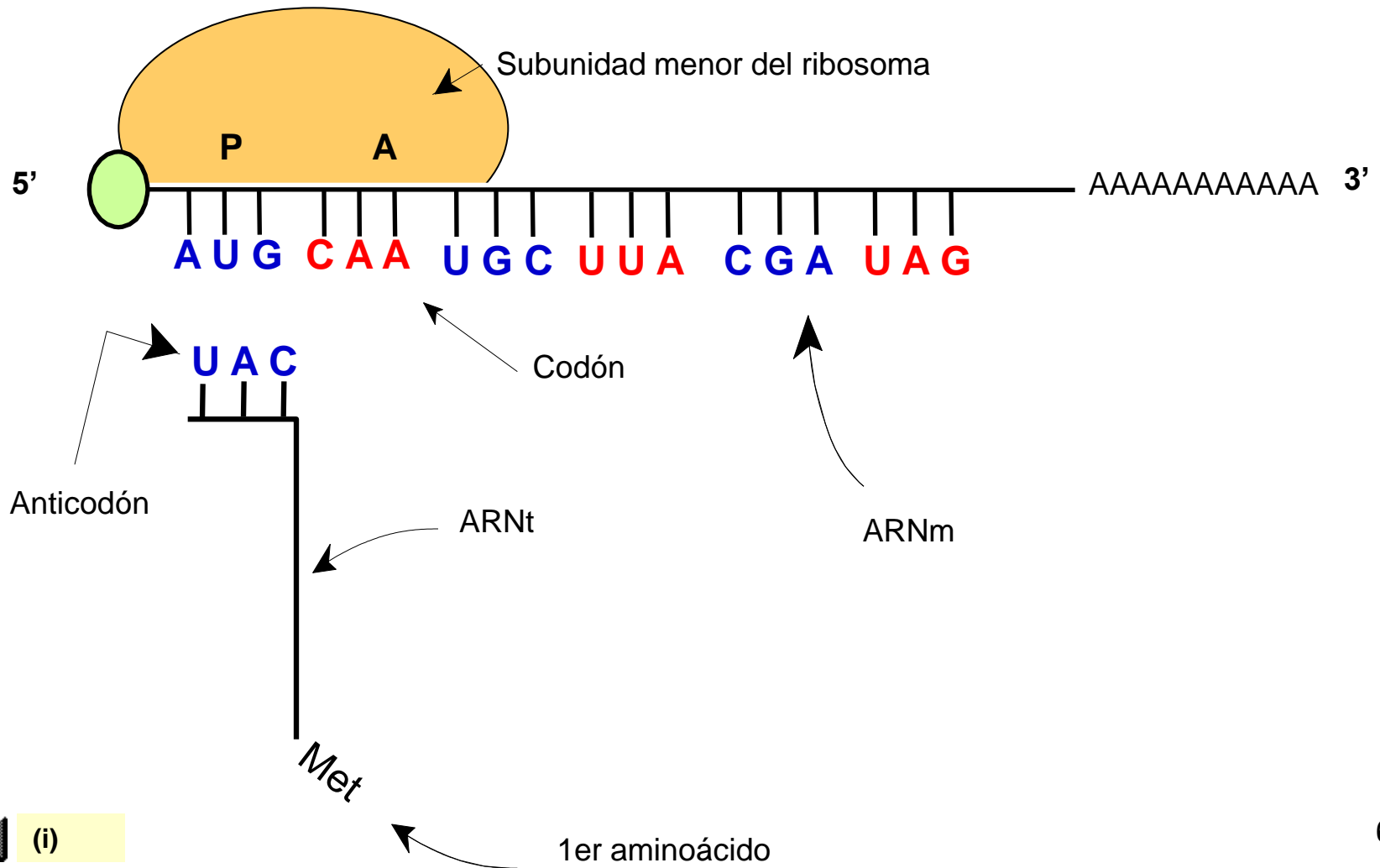
2ª) Unión al ARNt



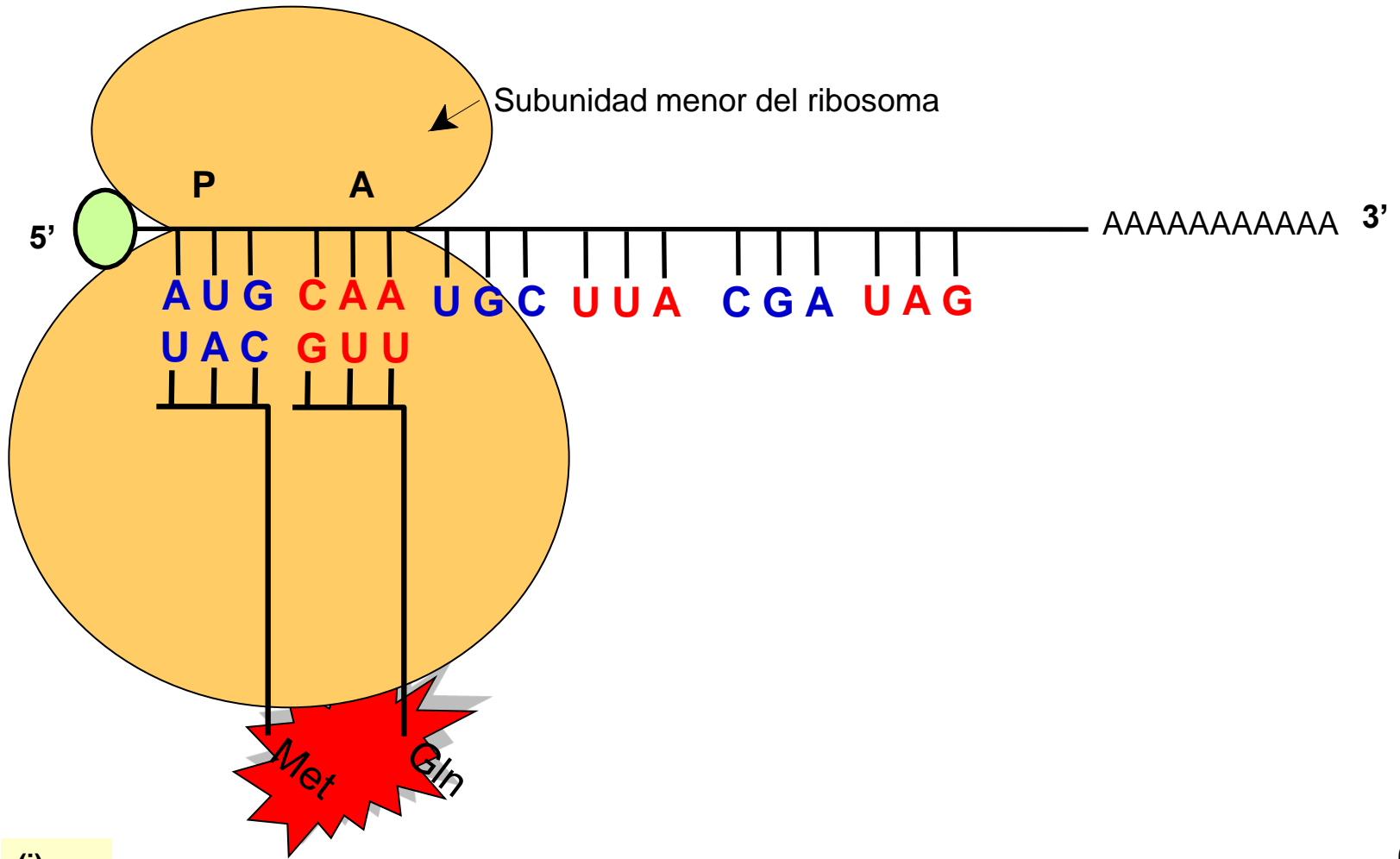
## 2ª) Unión al ARNt



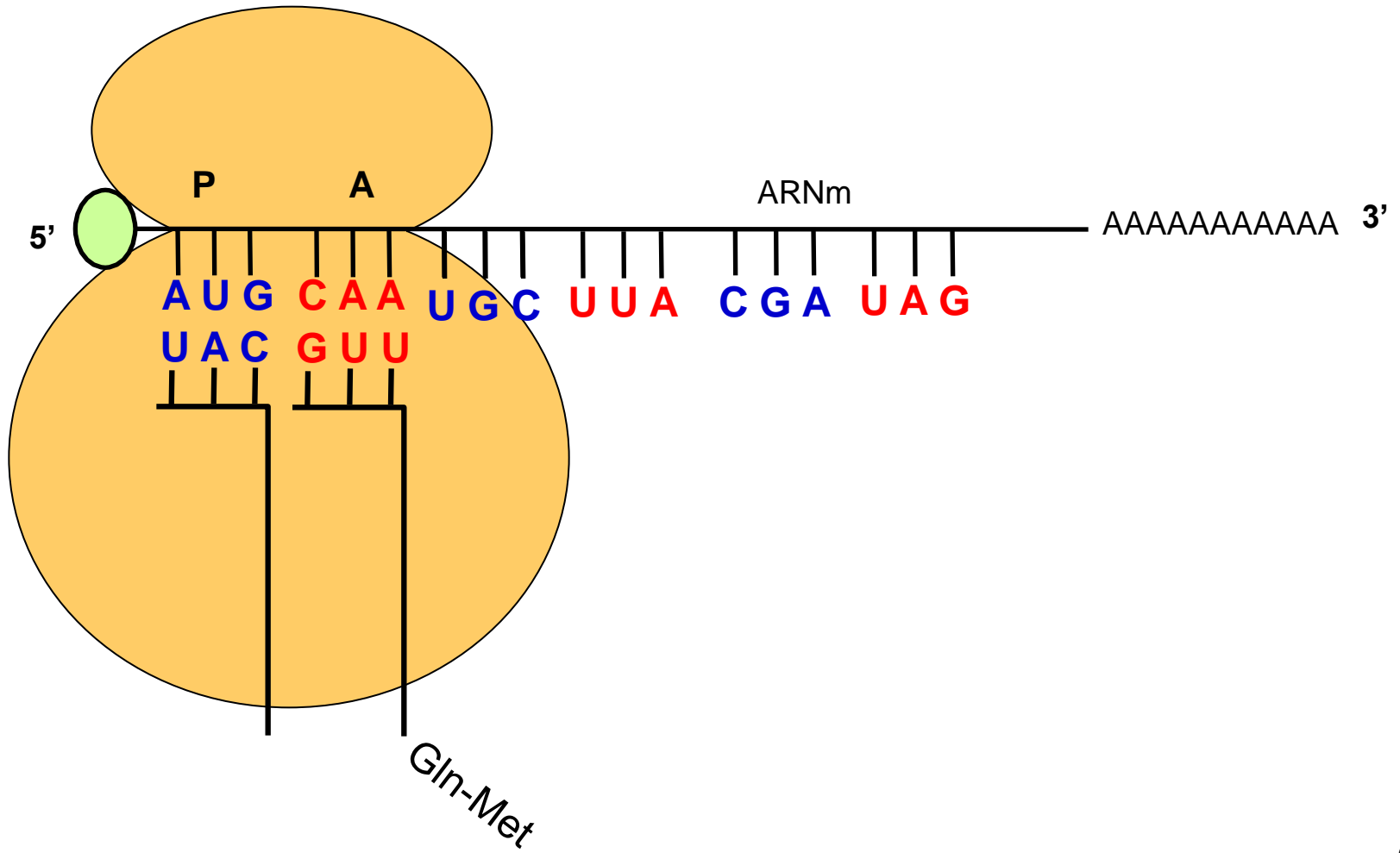
### 3ª) Iniciación



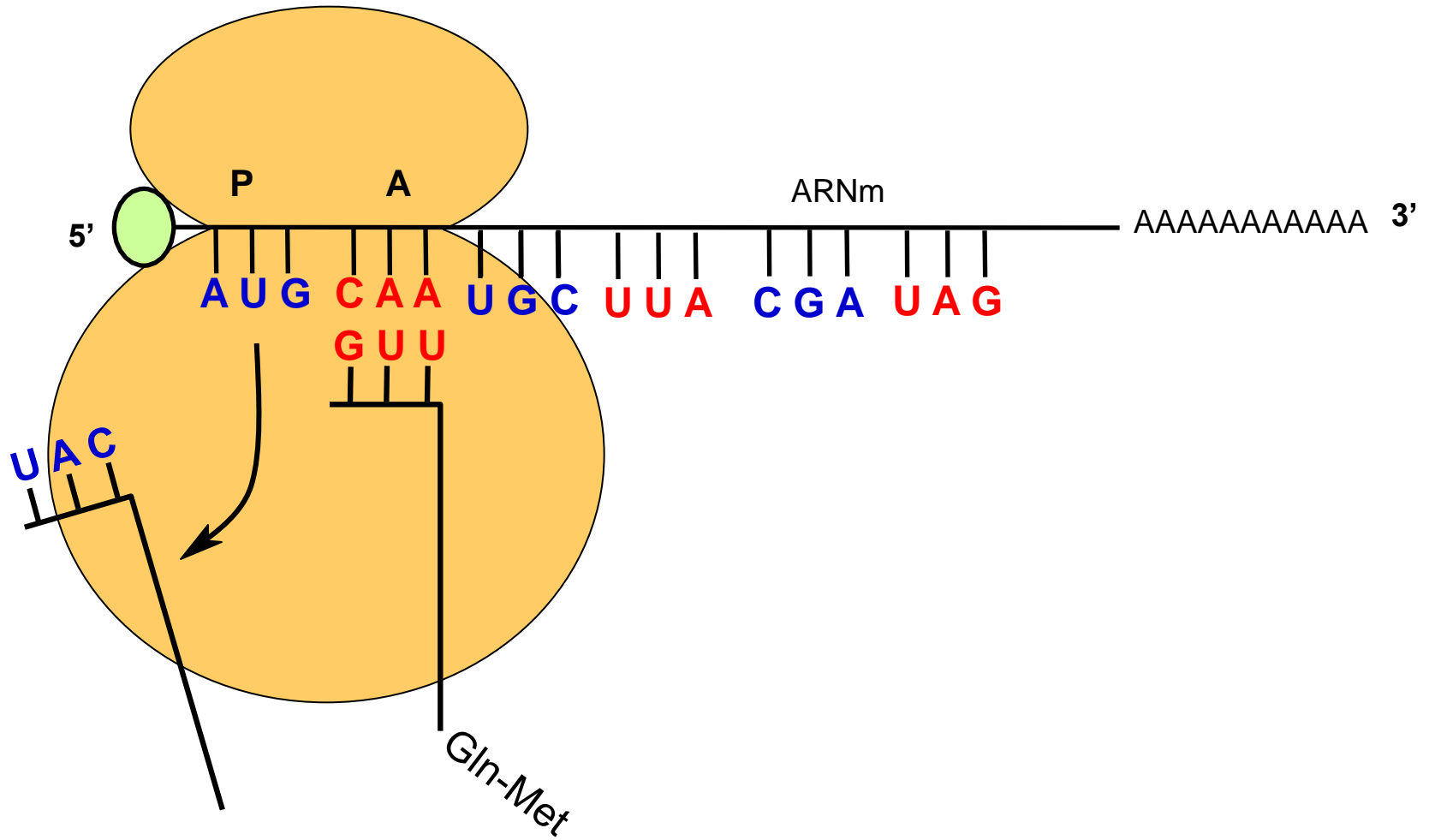
# 4ª) Elongación I



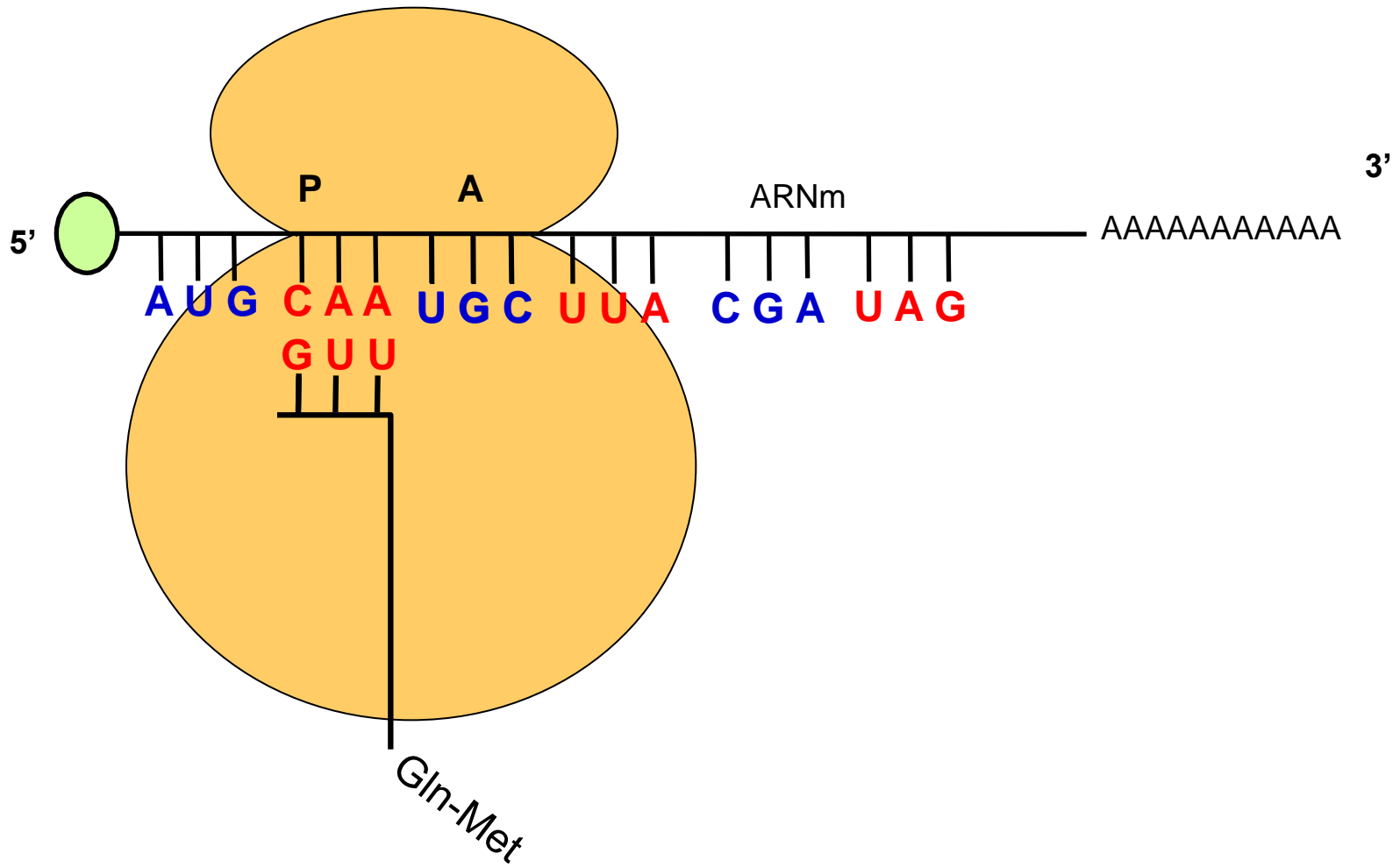
## 4ª) Elongación II



# 4ª) Elongación III

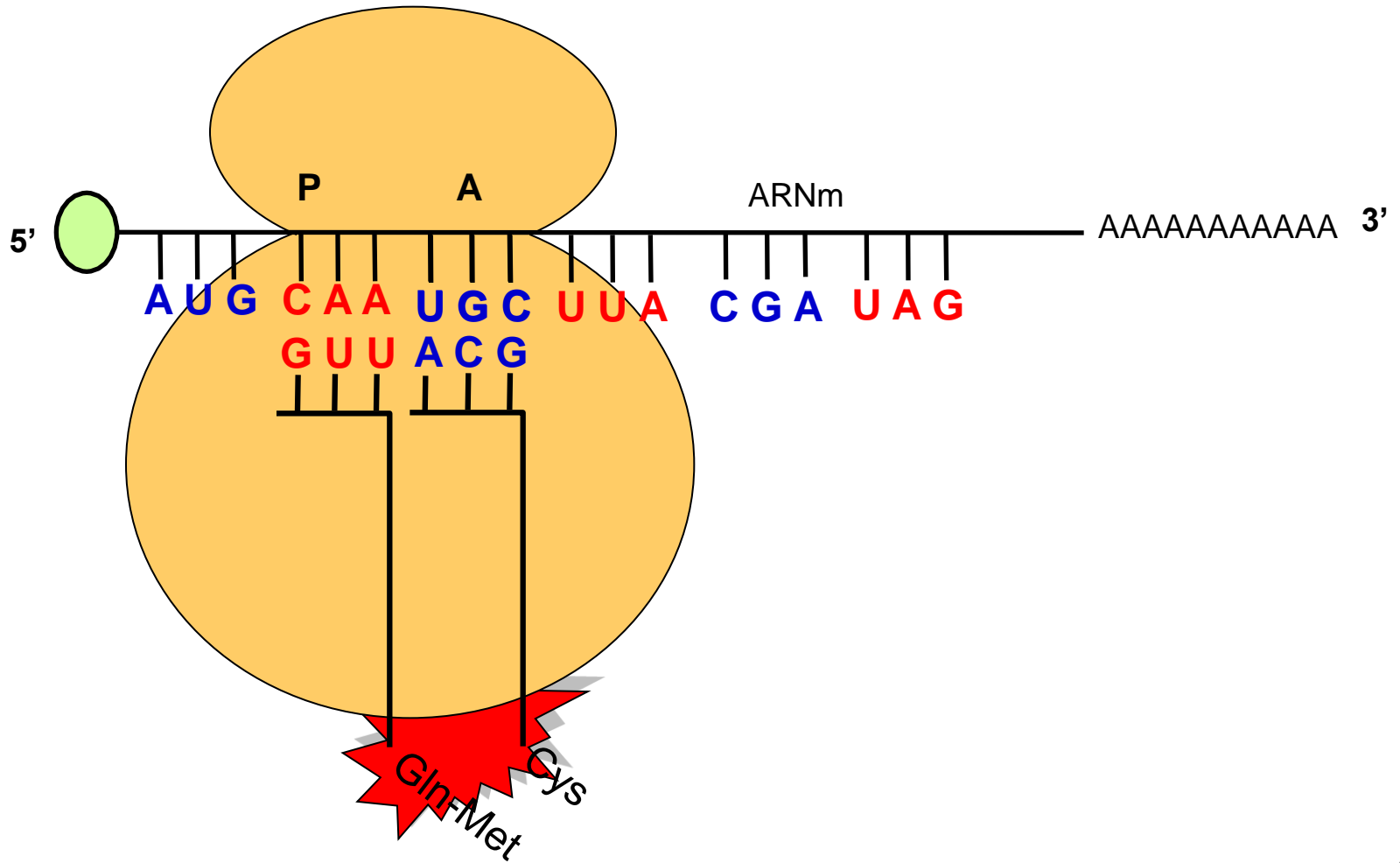


# 4ª) Elongación IV

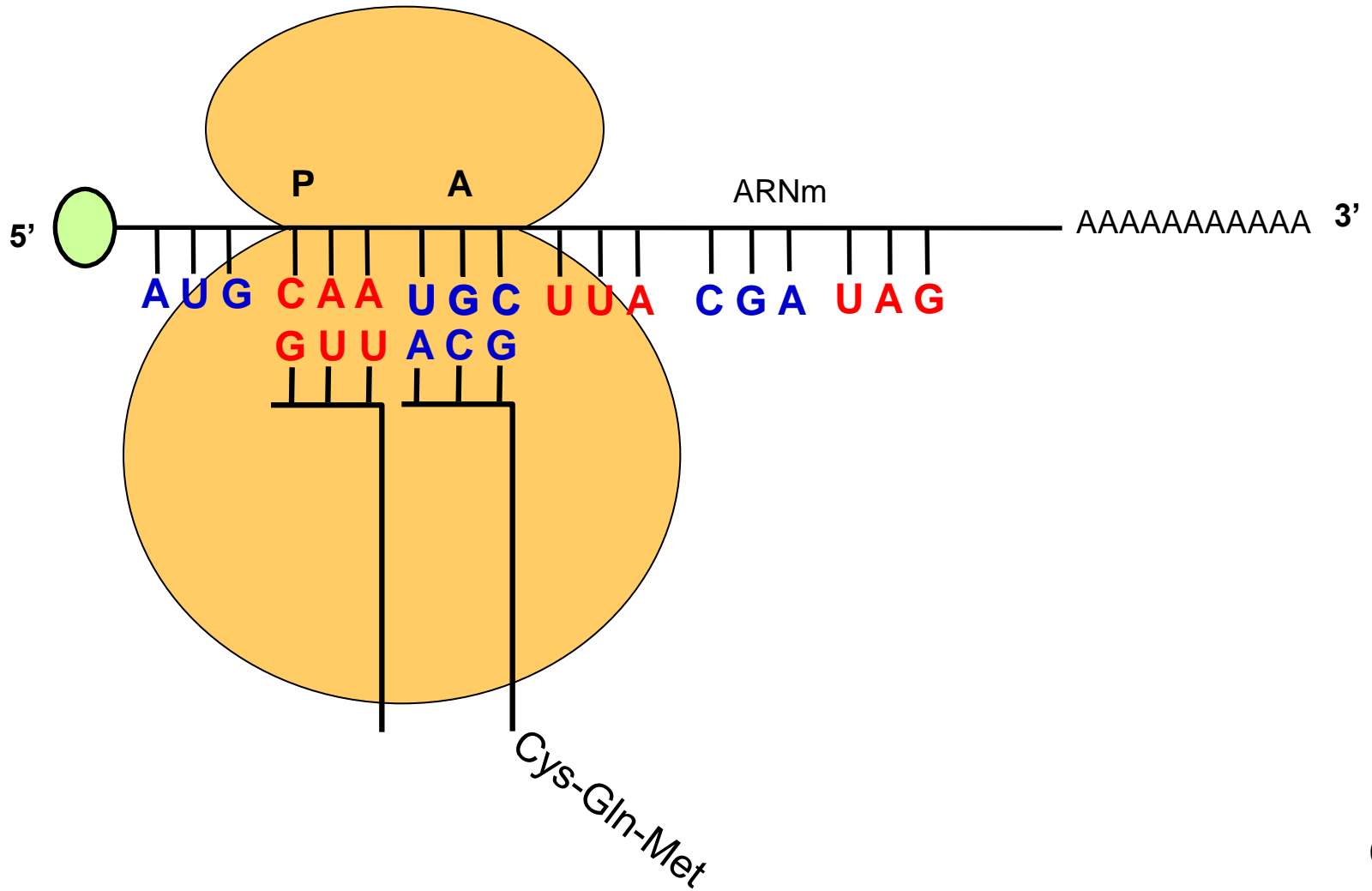




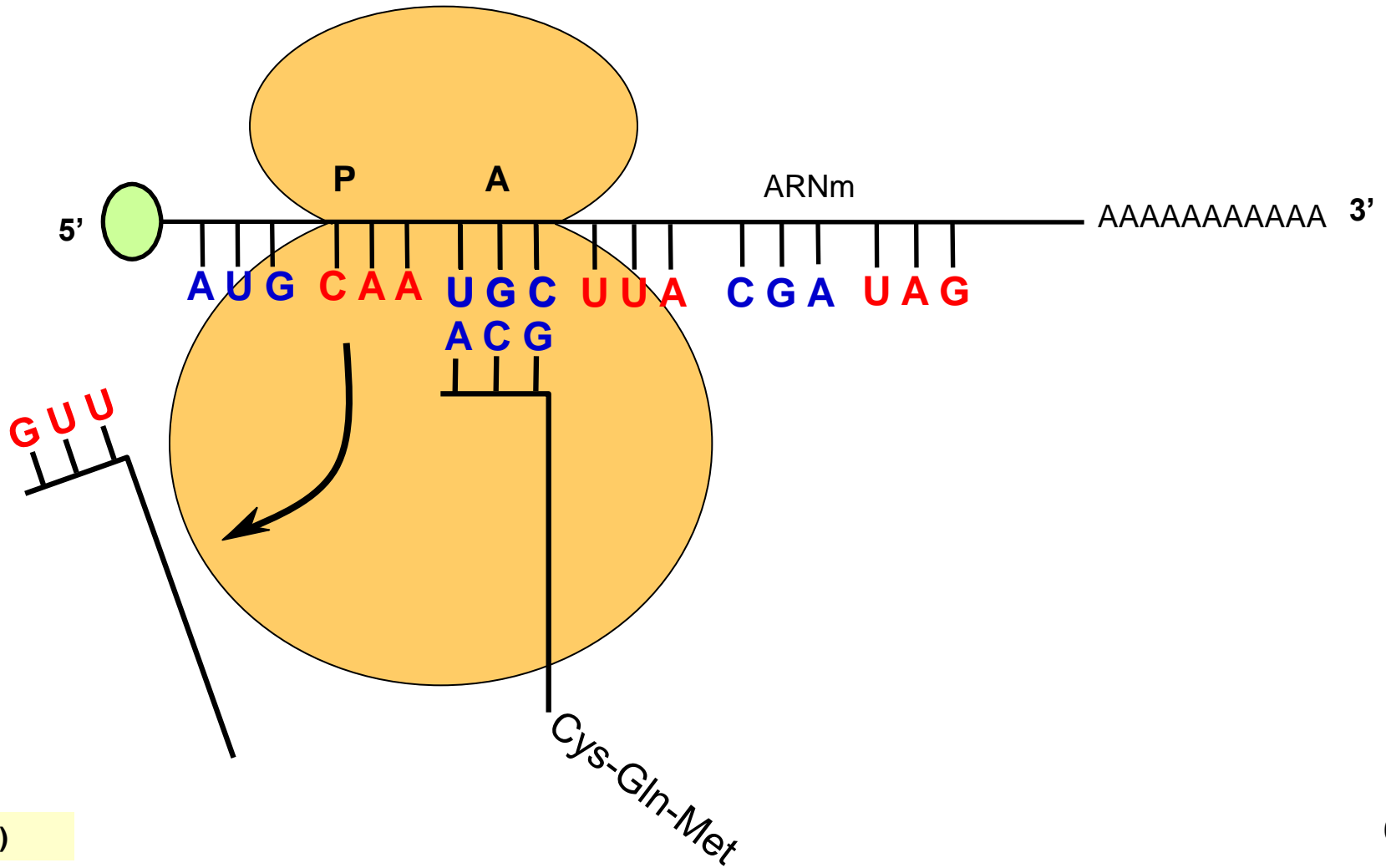
# 4ª) Elongación V



# 4ª) Elongación VI

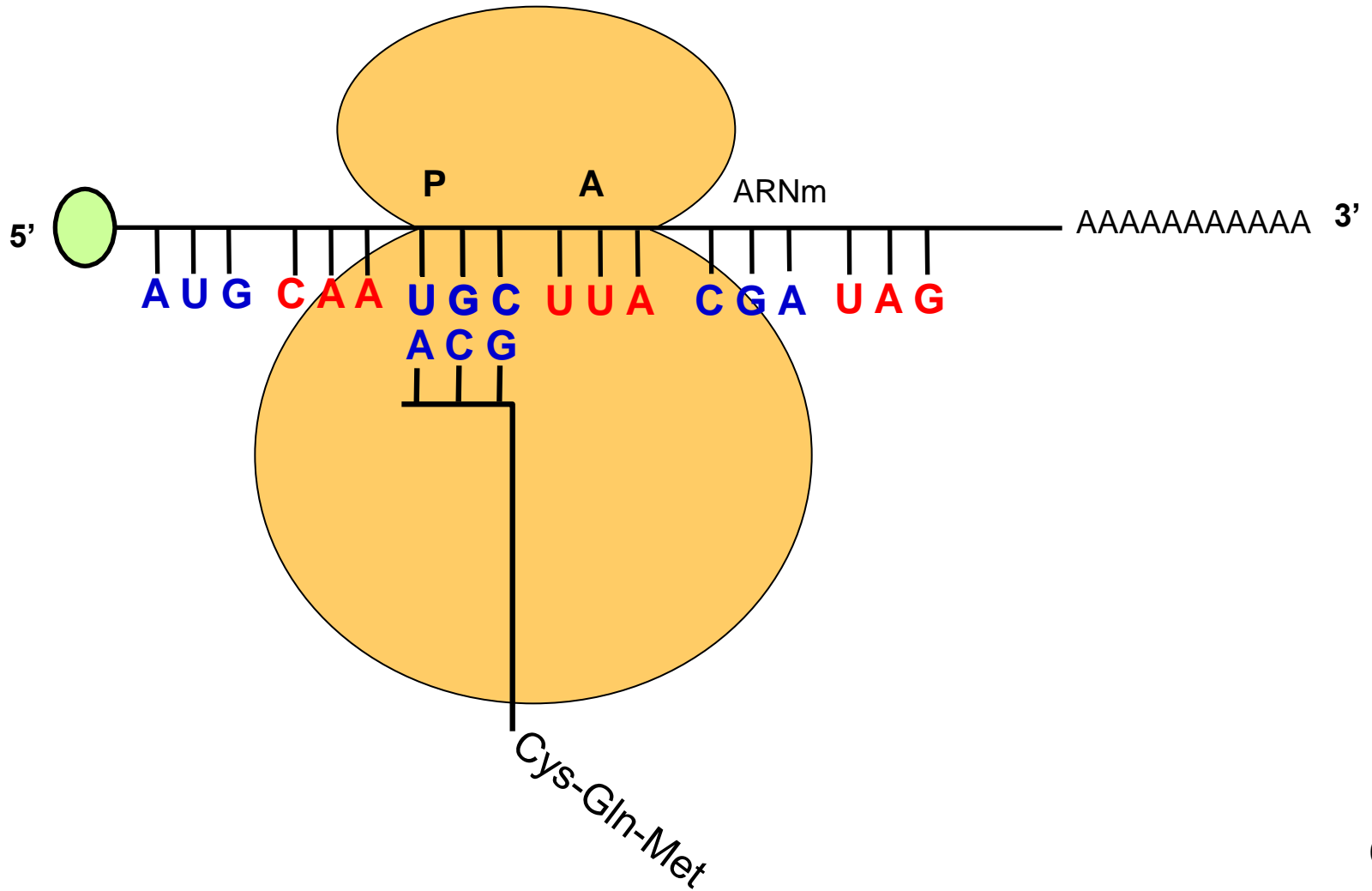


# 4ª) Elongación VII

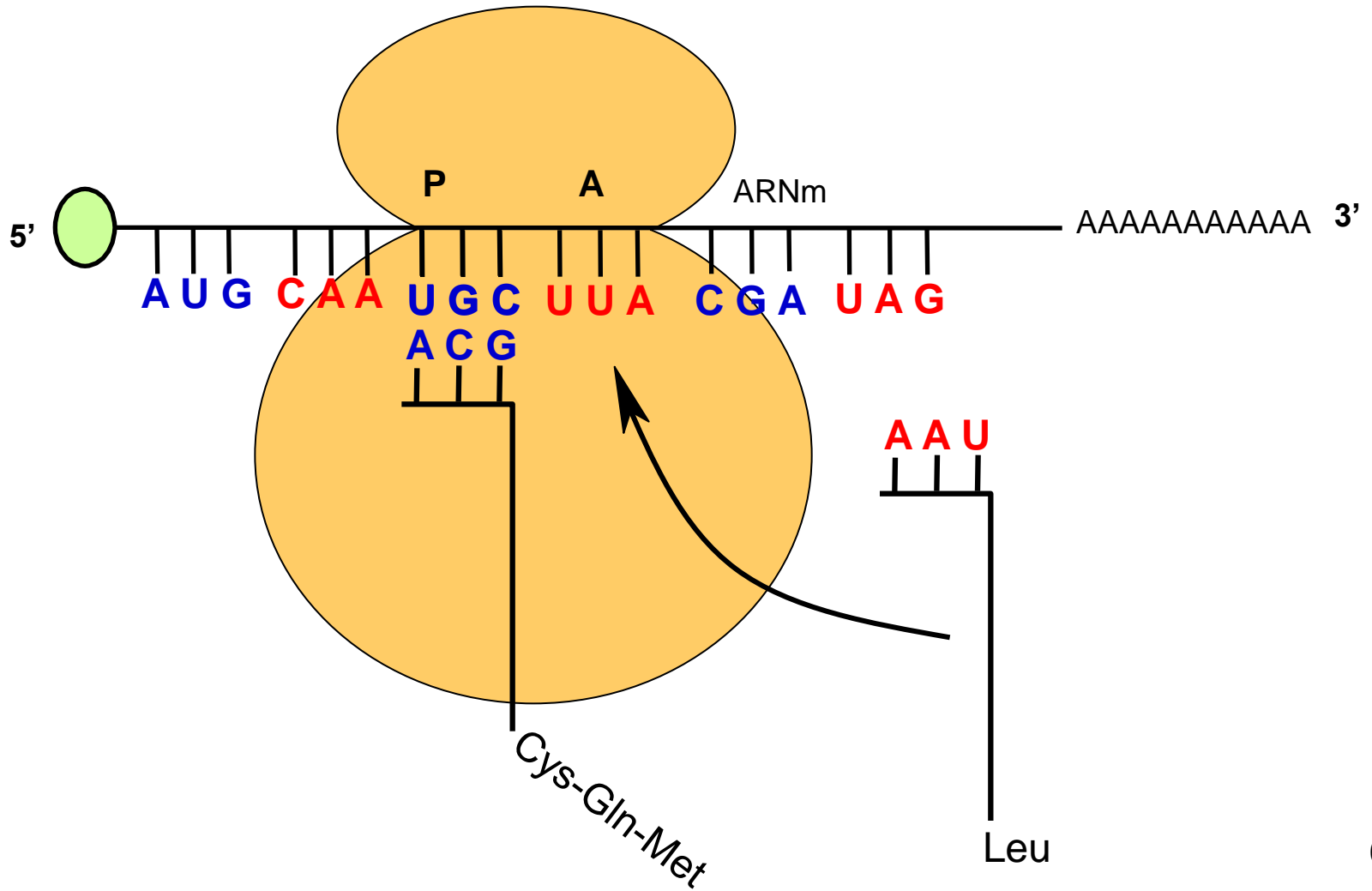


(i)

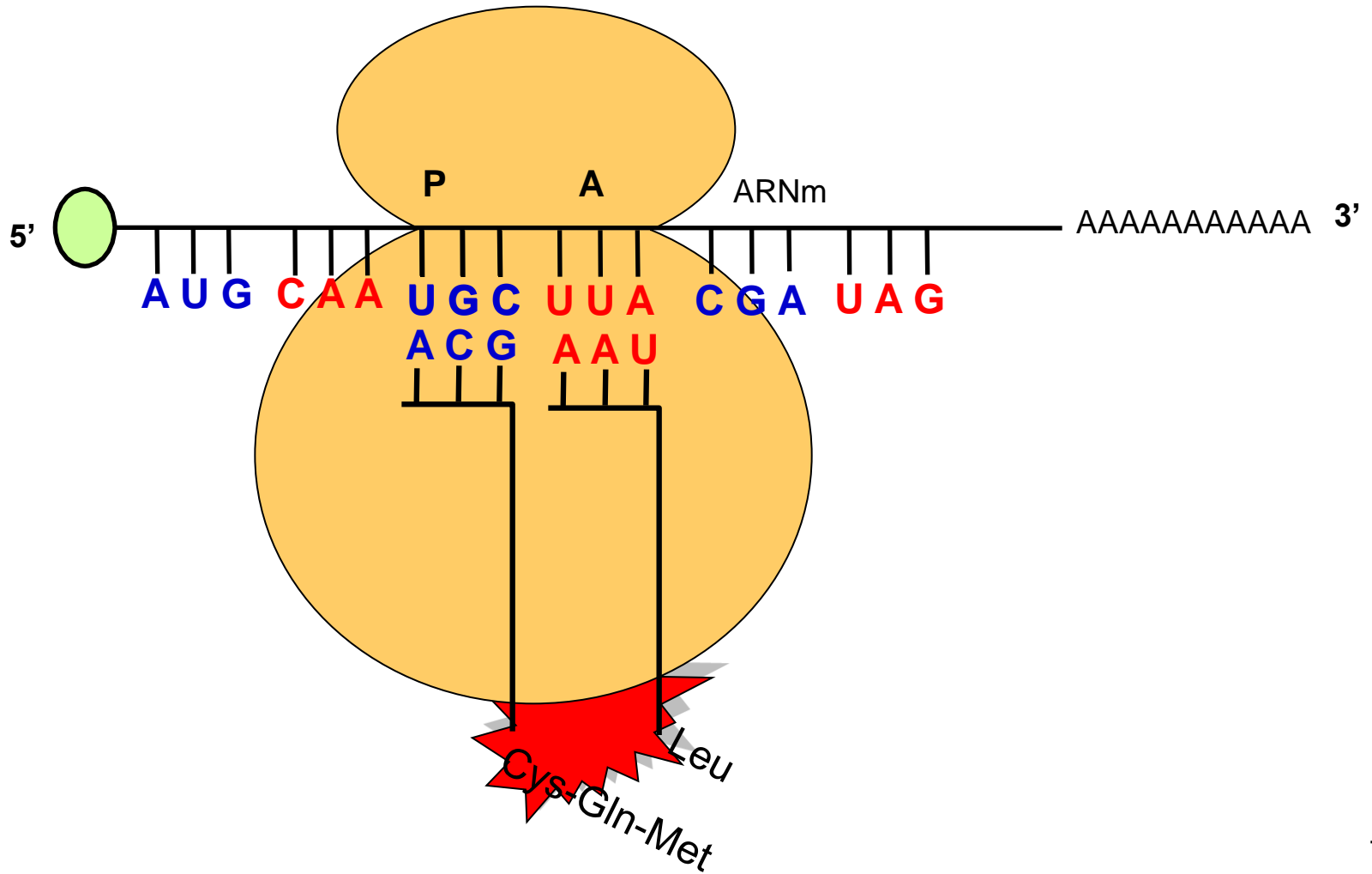
# 4ª) Elongación VIII



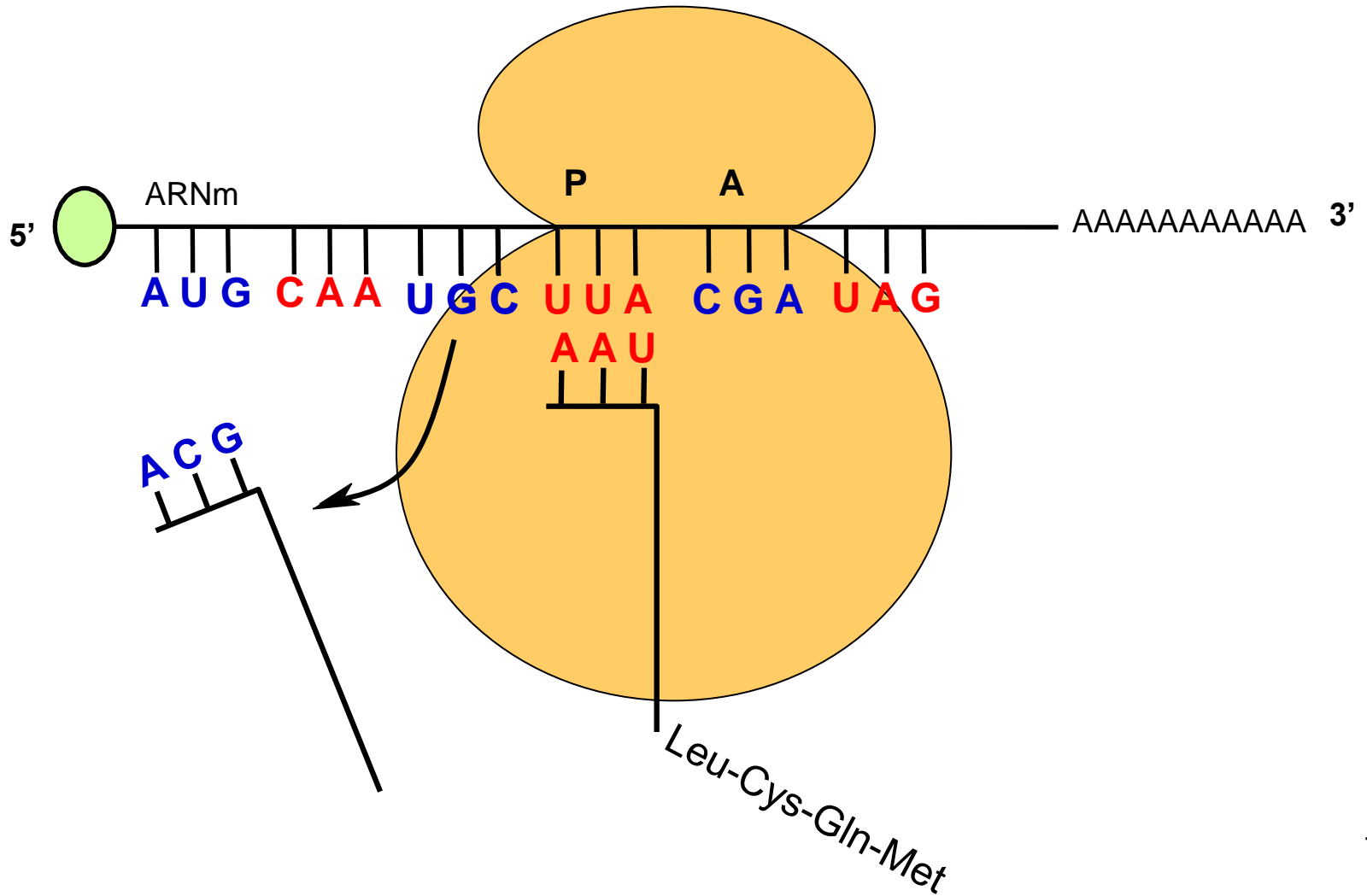
# 4ª) Elongación IX



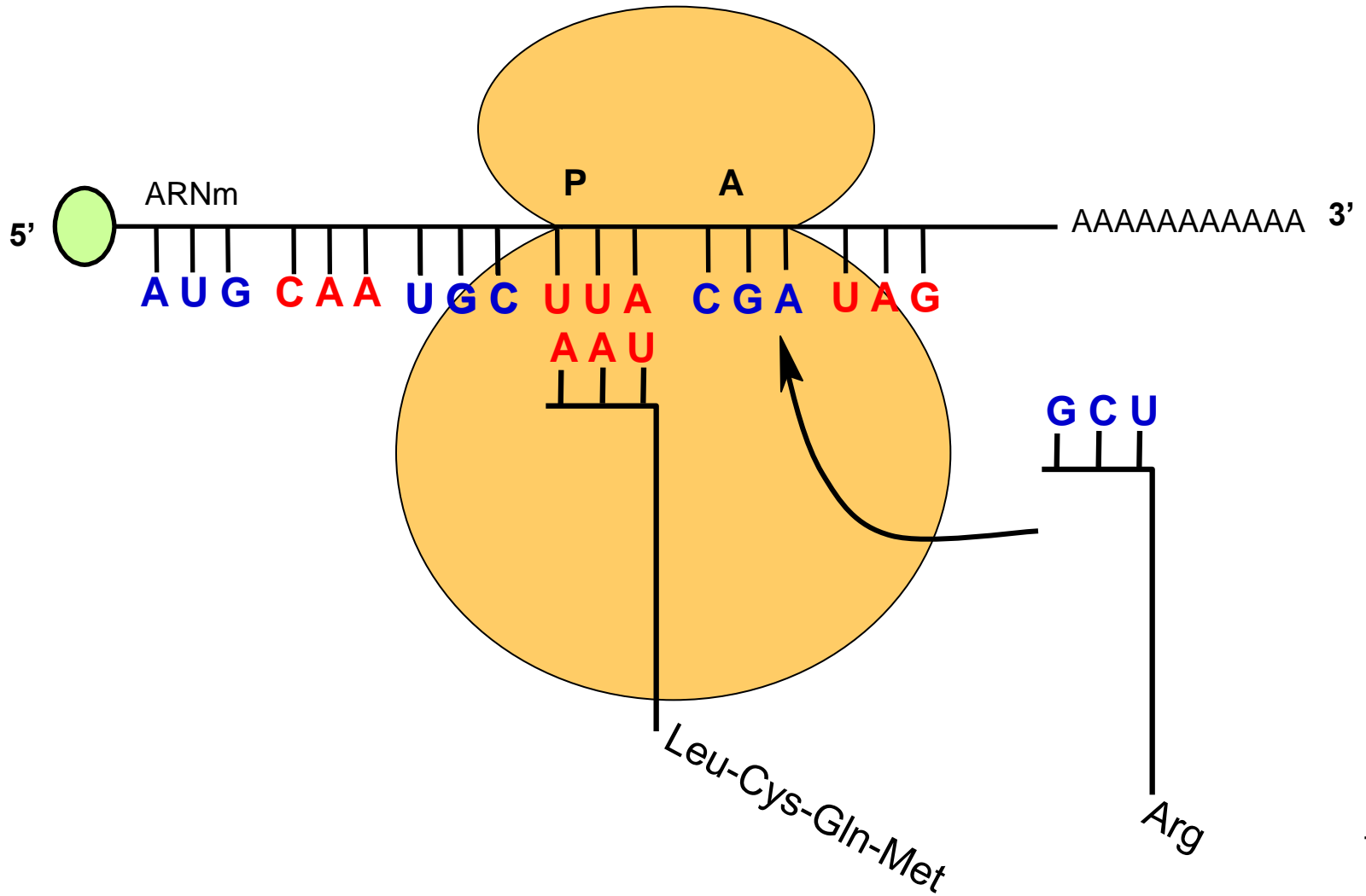
# 4ª) Elongación X



# 4ª) Elongación XI

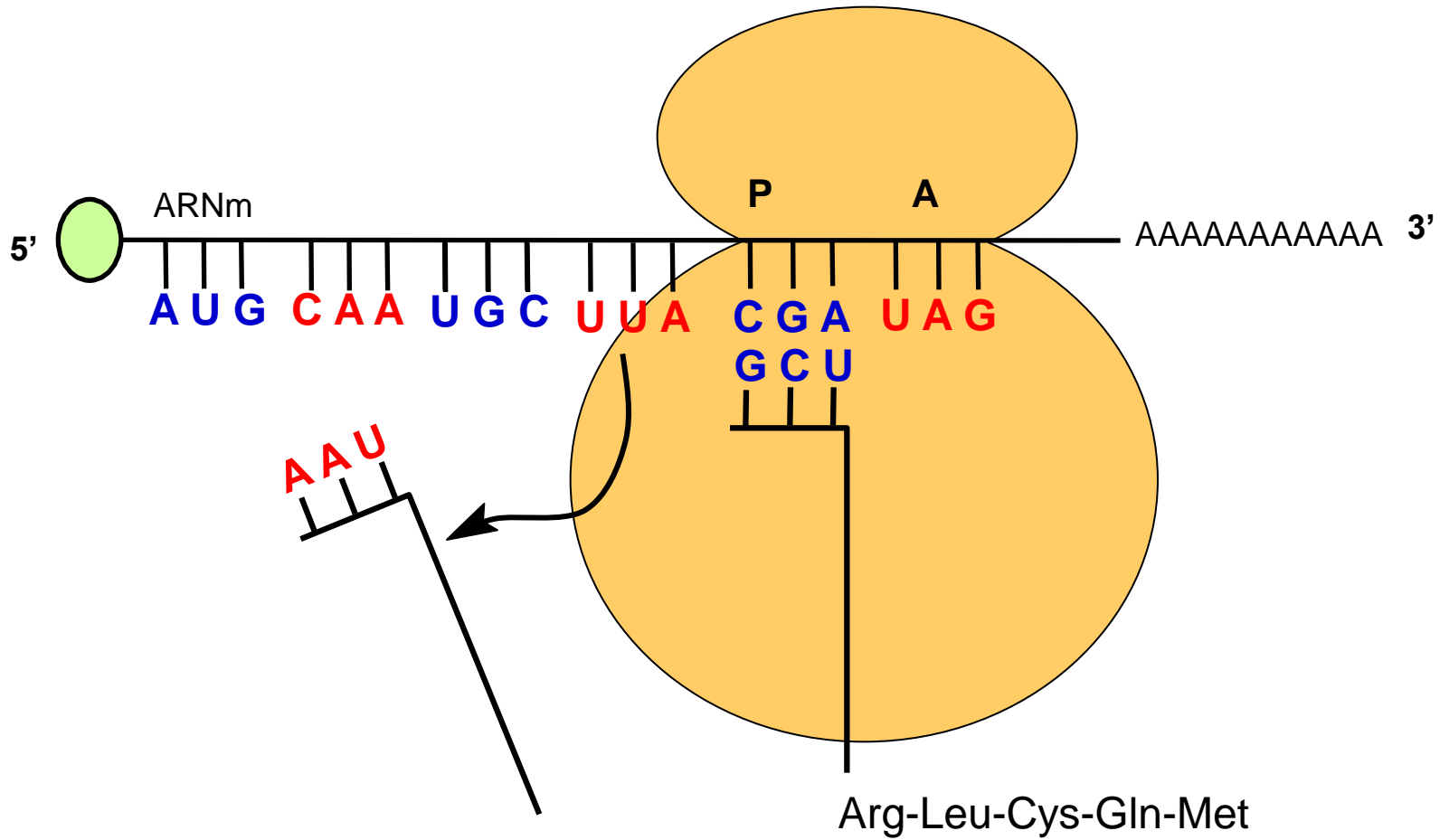


# 4ª) Elongación XII

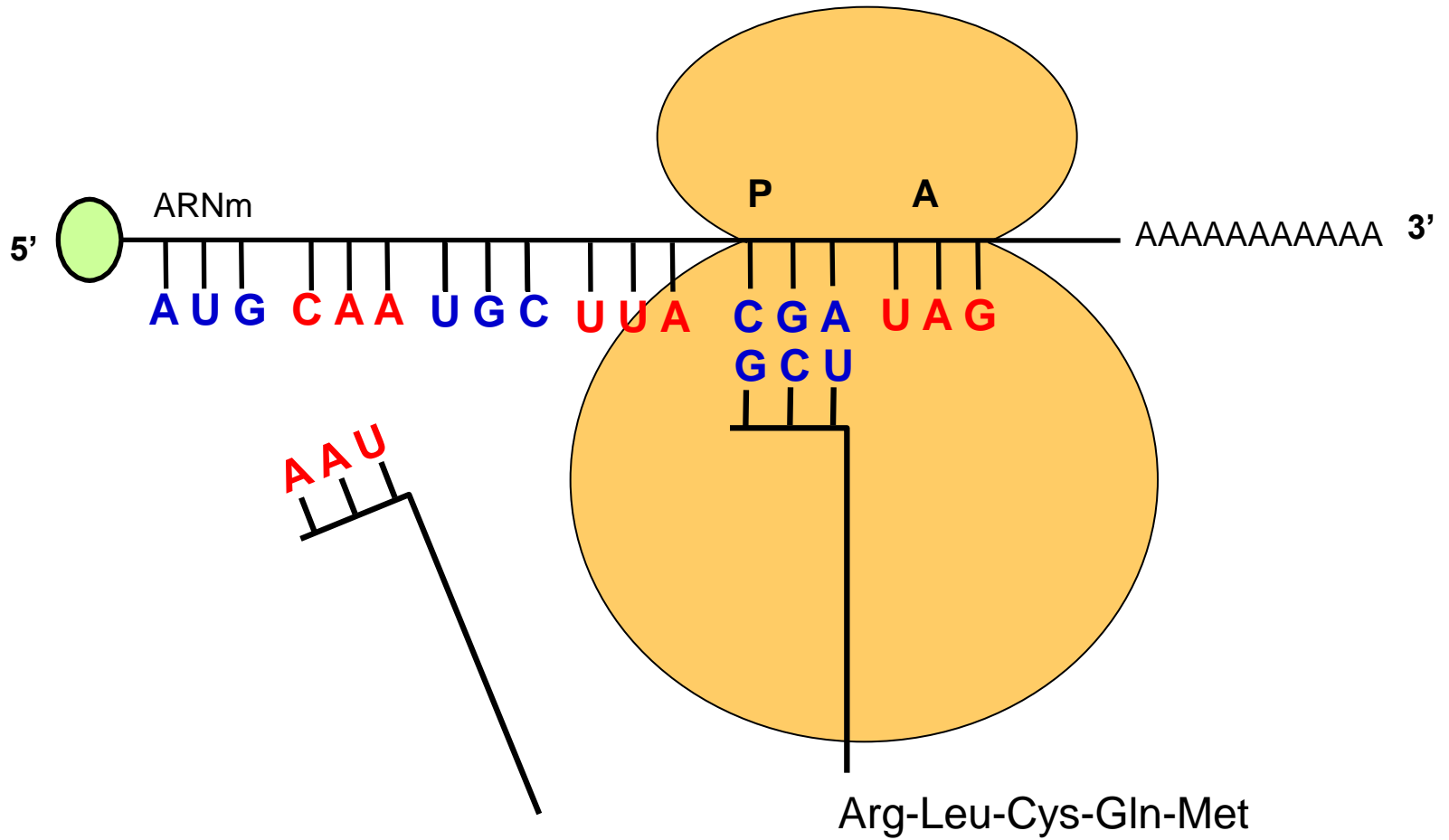




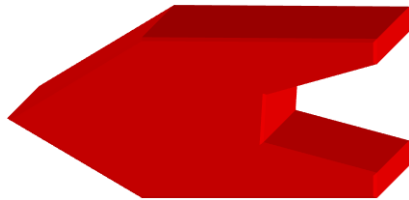
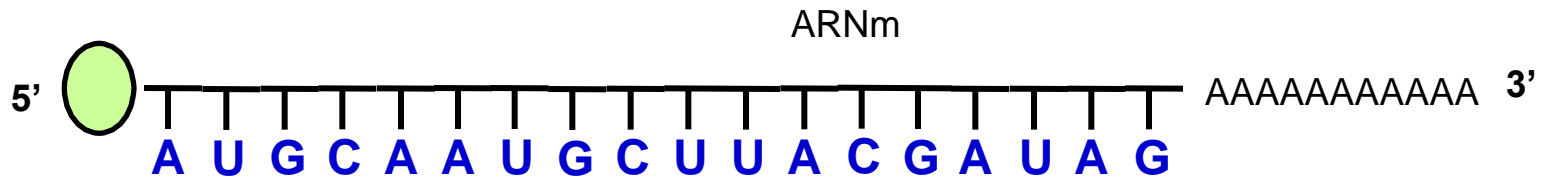
# 4ª) Elongación XIII



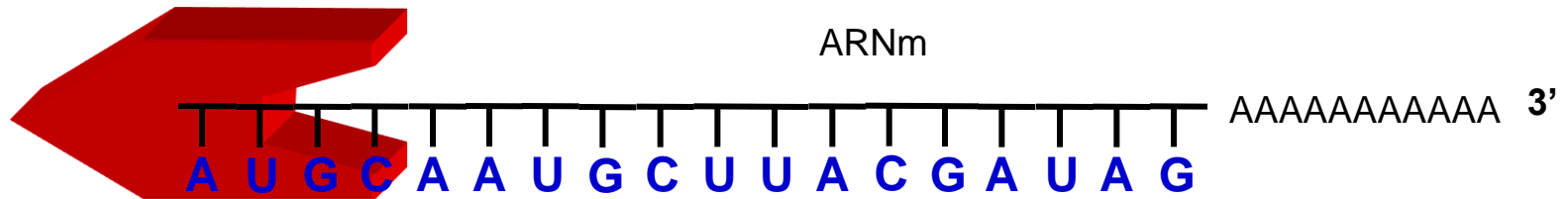
# 5ª) Finalización I



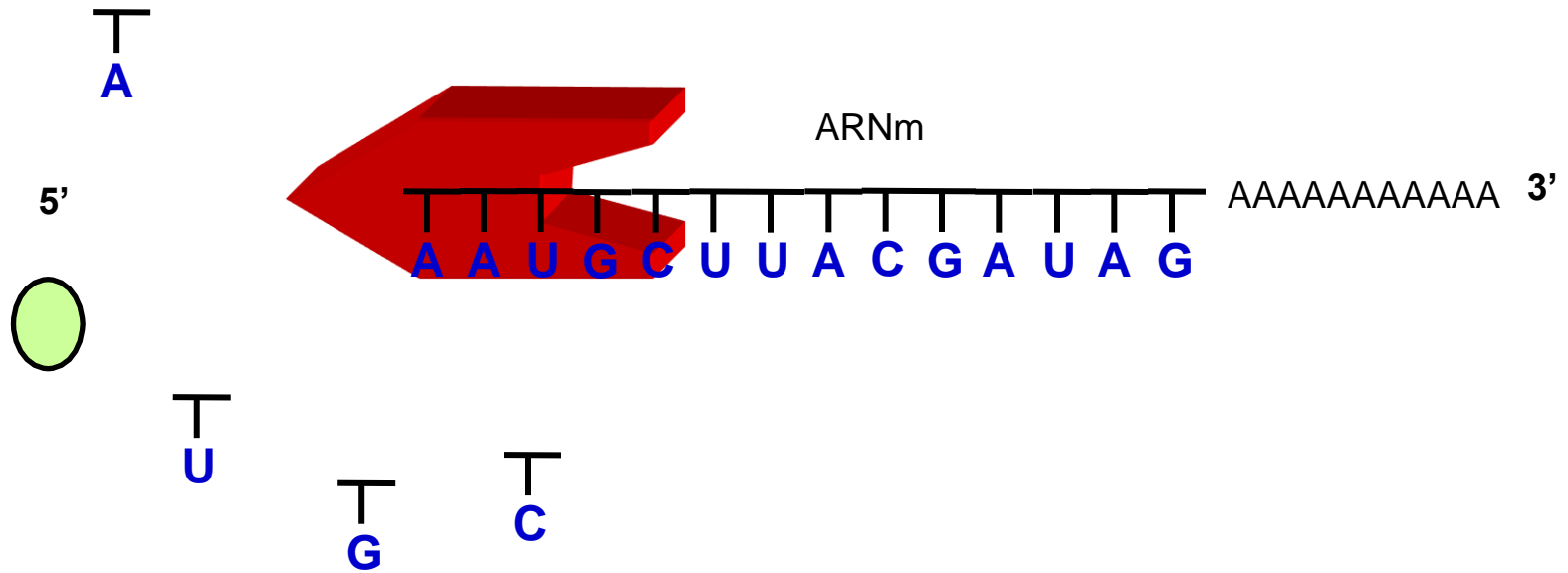
## 5ª) Finalización II



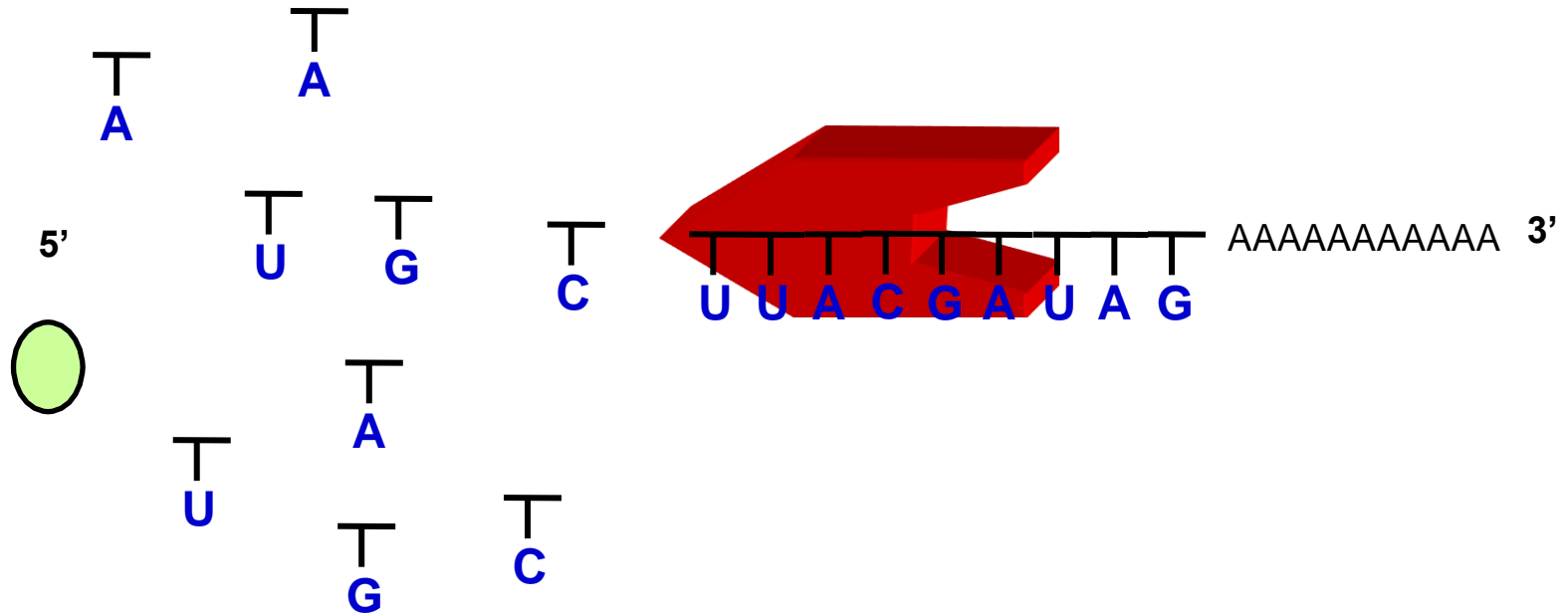
## 5ª) Finalización II



# 5ª) Finalización II



# 5ª) Finalización II



# REGULACIÓN DE LA ACCIÓN DE LOS GENES: HIPÓTESIS DEL OPERÓN.

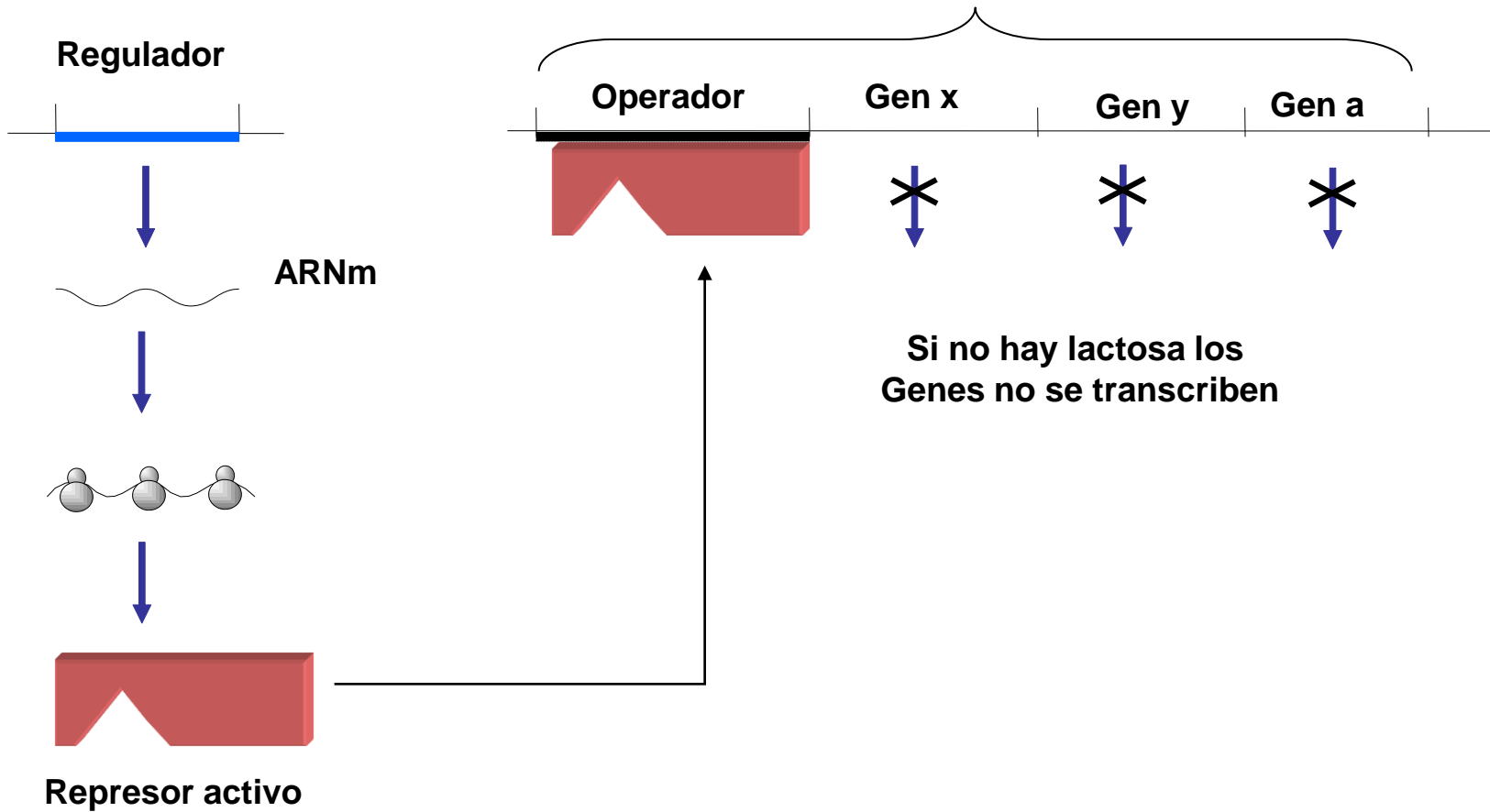
## **REGULACIÓN DE LA ACCIÓN DE LOS GENES: HIPÓTESIS DEL OPERÓN**

Todas las células de un organismo pluricelular, excepto los gametos, poseen la misma información genética. Ahora bien, no todos los genes se encuentran activos durante el ciclo celular. Muchos genes no actúan nunca y otros actúan sólo en determinados momentos, pudiendo permanecer durante largos periodos de tiempo inactivos. Para poder comprender el mecanismo de acción de los genes veamos a continuación estos dos modelos de regulación:

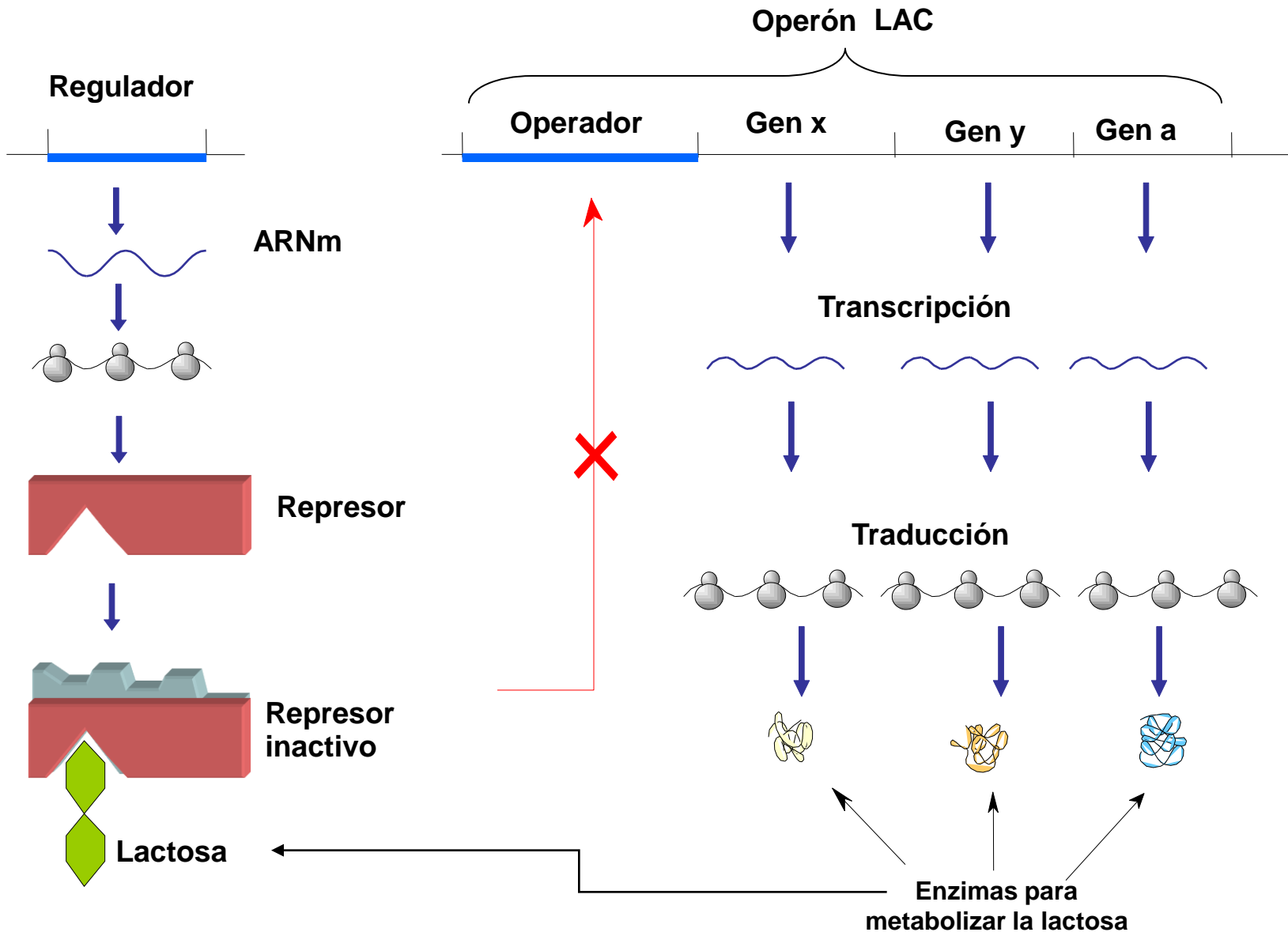


**Regulación del operón LAC en E. coli.** Si no hay lactosa el represor está en su forma activa, y los genes estructurales no se transcribe, con lo que la célula no tendrá los enzimas para metabolizarla.

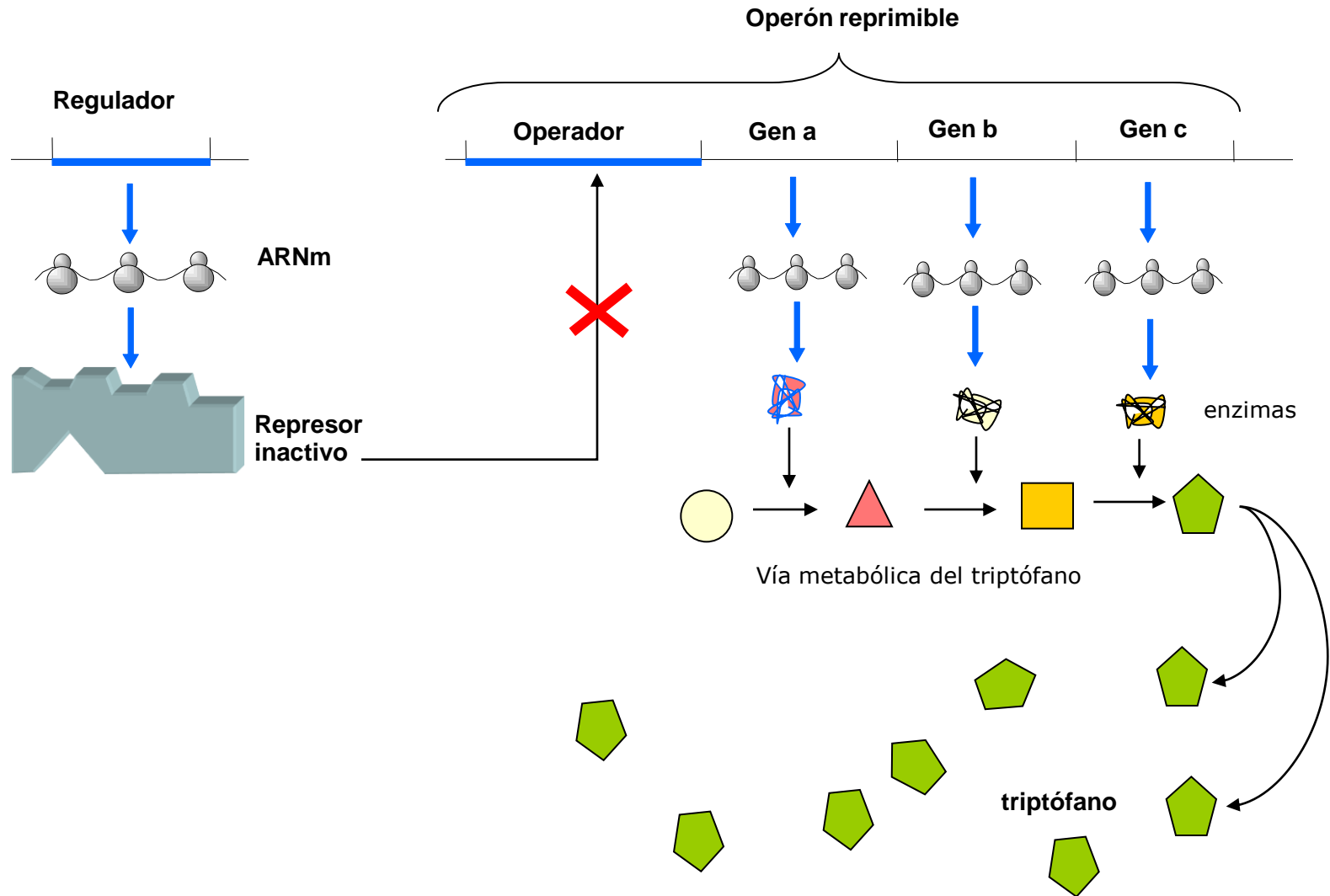
## Operón LAC



**Regulación del operón LAC en E. coli.** Si hay lactosa, esta se une al represor y lo inactiva. El operador, al estar libre, desencadena la transcripción de los genes estructurales, con lo que se sintetizarán las enzimas necesarias para metabolizar la lactosa. Cuando haya desaparecido la lactosa el represor volverá a su estado activo y dejarán de transcribirse los genes x, y y a.

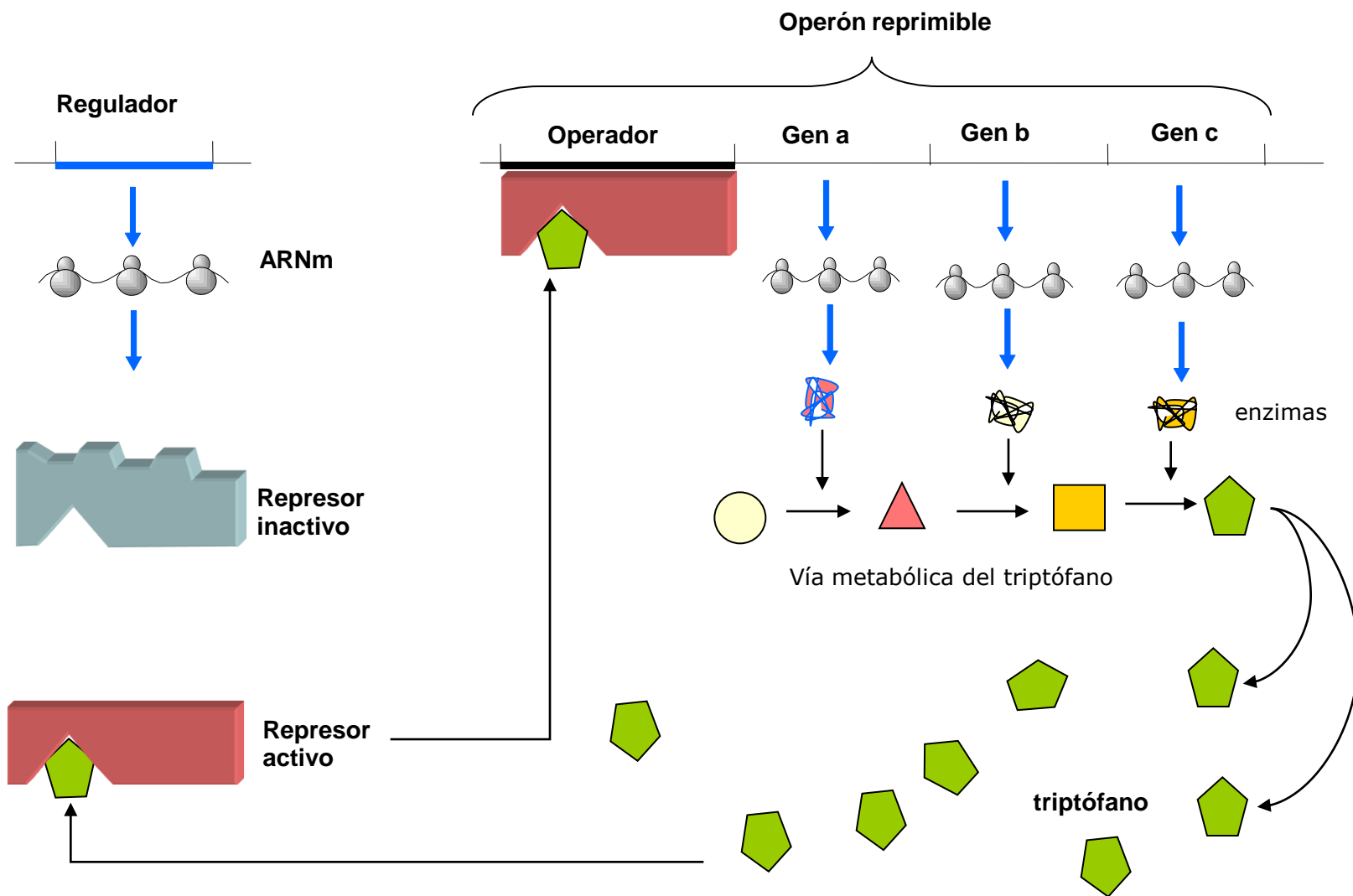


**Regulación del operón de la vía del triptófano *E. coli*.** Si no hay triptófano el represor está en su forma inactiva. Los genes estructurales de la vía del triptófano se transcribe y se traducen, con lo que se sintetiza el triptófano necesario para la célula.



..... y cuando hay ya suficiente triptófano.....

**Regulación del operón de la vía del triptófano en *E. coli*.** Cuando hay demasiado triptófano, este se une al represor y lo activa. El represor se une al operador, inactivándolo. Los genes *a*, *b* y *c* no se transcriben ni se traducen, con lo que la vía de síntesis del triptófano se paraliza. Lo que asegura que no se sintetice una cantidad excesiva de triptófano.



## **ÍNDICE**

 **1- Los genes**

 **2- La transcripción de la información genética:  
Síntesis y maduración del ARN.**

 **3- El código genético**

 **4- Traducción de la información genética:  
Síntesis de proteínas**

**FIN**