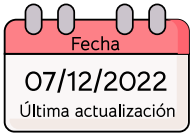


TEMA 2 ÁCIDOS NUCLEICOS



CRITERIOS de EVALUACIÓN

ByG 1.5 Comparar los tipos y la composición de los ácidos nucleicos, relacionándolos con su función.

ByG 1.6 Relacionar la replicación del ADN con la conservación de la información genética.

ByG 1.7 Comprender cómo se expresa la información genética, utilizando el código genético.

ÍNDICE de CONTENIDOS

1. Qué son los nucleótidos, su clasificación y propiedades
2. Estructura del ADN
3. Estructura del ARN
4. Ácidos nucleicos
5. Replicación del ADN
6. Transcripción
8. Traducción



José Manuel Huertas Suárez

nucleósidos

"biomoléculas orgánicas formadas por un aldopentosa y una base nitrogenada"

nucleótidos

"biomoléculas orgánicas que son monómeros de los ácidos nucleicos"

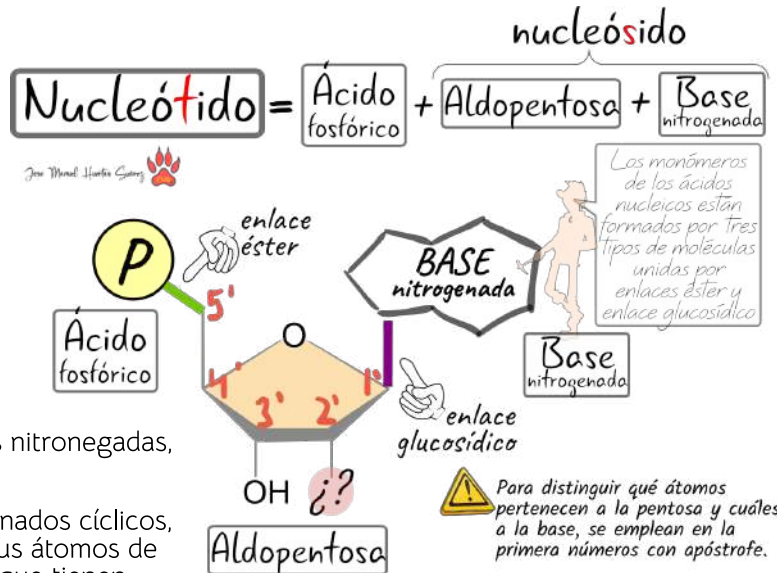
ácidos nucleicos

"biomoléculas orgánicas que contienen información genética"

Los ácidos nucleicos son una de las cuatro familias macromoleculares orgánicas que componen a los seres vivos. Empezaremos con los monómeros de los ácidos nucleicos, seguiremos con la definición de ácido nucleico y la describiendo su estructura química, más tarde hablaremos de los distintos tipos de ácidos nucleicos y acabaremos explicando los procesos de replicación y transcripción.

1 Nucleótidos

Un nucleótido es una biomolécula orgánica formada por tres moléculas más pequeñas: (1) una aldopentosa (ribosa o desoxirribosa, que es la le da nombre al ácido nucleico), (2) una base nitrogenada y (3) un ácido fosfórico (H_3PO_4 , que aparece ionizado en condiciones fisiológicas, lo que confiere a los ácidos nucleicos su carácter ácido).



1.1 Componentes de los nucleótidos

Los componentes de los nucleótidos son las bases nitrogenadas, aldopentosa y ácido fosfórico.

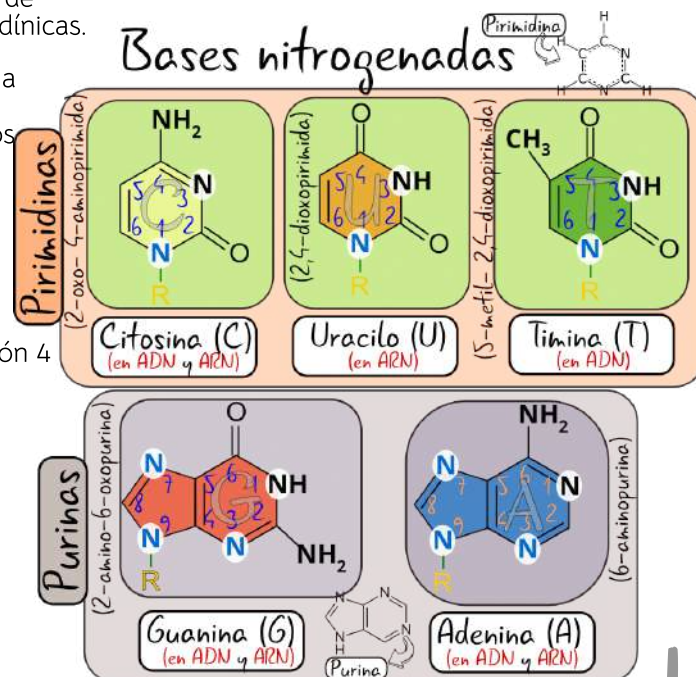
Las bases nitrogenadas son compuestos nitrogenados cíclicos, que contienen dos o más átomos de nitrógeno (N). Sus átomos de nitrógeno poseen pares electrónicos no compartidos que tienen tendencia a captar protones, lo que explica su carácter débilmente básico. Existen dos tipos de bases nitrogenadas, según el tipo de anillo que contenga la estructura: bases púricas y bases pirimidínicas.

Las bases pirimidínicas contienen un anillo derivado de la pirimidina en la que un carbono de la posición 2 ha sido sustituido por un grupo carbonilo ($C=O$). Existen tres tipos de bases pirimidínicas, según lo que se sustituya en el resto de posiciones, obtenemos: timina, citosina y uracilo

- **Citosina (C)** presenta un grupo amina ($-NH_2$) en la posición 4
- **Uracilo (U)** presenta un carbonilo ($C=O$) en la posición 4
- **Timina (T)** presenta un carbonilo ($C=O$) en la posición 4 y un grupo metilo ($-CH_3$) en la posición 5

Las bases púricas contienen dos anillos fusionados derivados de la purina en la que un hidrógeno ha sido sustituido por un grupo amina ($-NH_2$). Existen dos tipos de bases púricas, según donde se ubique el grupo amina: adenina y guanina

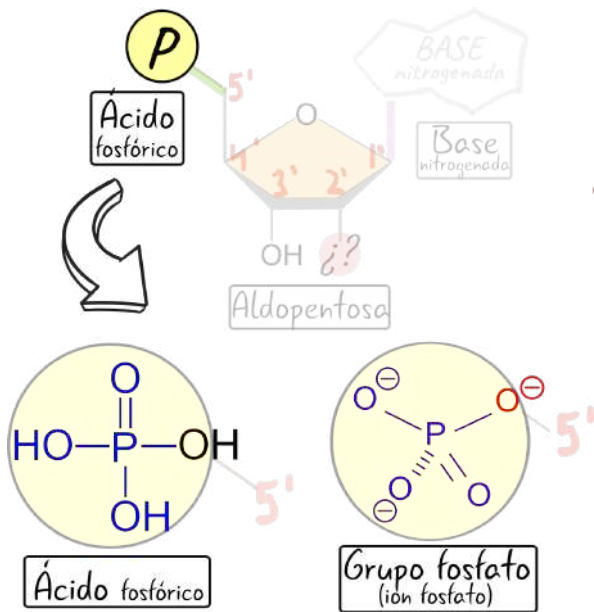
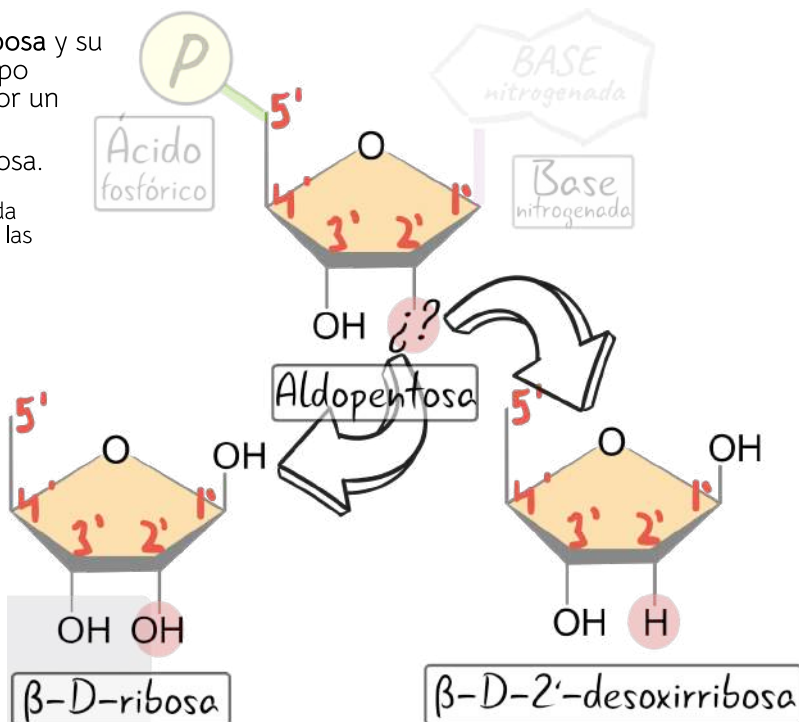
- **Guanina (G)** presenta el grupo amina ($-NH_2$) en la posición 2
- **Adenina (A)** presenta el grupo amina ($-NH_2$) en la posición 6



Las aldopentosas son monosacáridos β-D-ribosa y su derivado, el β-D-2'-desoxirribosa, en el que el grupo hidroxilo (OH) unido al carbono 2' fue sustituido por un átomo de hidrógeno (H).

Ambas se encuentran en forma de anillos de furanosa. Las posiciones del anillo de furanosa se numeran convencionalmente añadiendo el signo (') al número de cada átomo de carbono para distinguirlas de las de los anillos de las bases nitrogenadas.

El ácido fosfórico cuya fórmula química es H_3PO_4 , se encuentra ionizado en condiciones fisiológicas (=condiciones del medio externo o interno), en forma de ion fosfato (PO_4^{3-}), al que llamamos grupo fosfato.



Otras definiciones para enlace éster y N-glucosídico

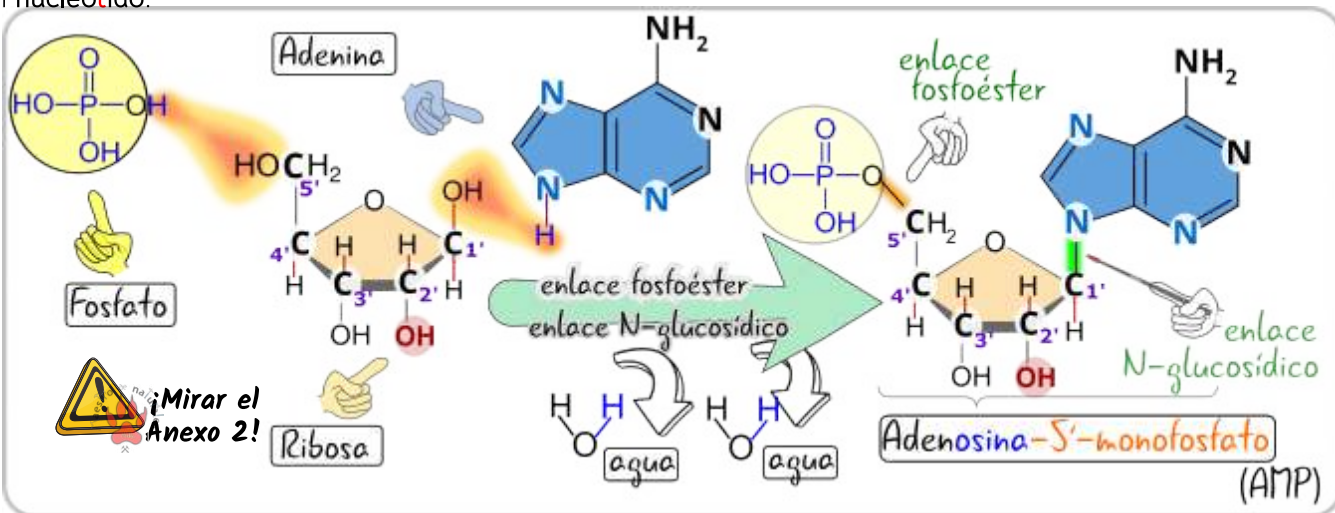
- El enlace éster o enlace fosfoéster es un enlace covalente que une uno de los radicales -O del grupo fosfato con el radical -OH del C5' del monosacárido con la pérdida de una molécula de agua
- El enlace N-glucosídico es un enlace covalente que se produce entre el C1' de la pentosa y el nitrógeno 1 de la base nitrogenada, si la base es pirimidínica, o el N9 si es puríca. En ambos casos se pierde una molécula de agua

1.2 Enlaces que forman los nucleótidos

¿Cómo se unen las moléculas que forman los nucleótidos de los ácidos nucleicos? Gracias a dos enlaces covalentes llamados: enlace N-glucosídico (une la aldopentosa con la base nitrogenada) y enlace éster o fosfoéster (une la aldopentosa con el grupo fosfato).

El enlace N-glucosídico es un enlace covalente que une la aldopentosa con una base nitrogenada [une el grupo -OH situado en el carbono 1' del monosacárido con un grupo -NH de la base nitrogenada]. El resultado de esta unión es la formación de un nucleósido.

El enlace éster o enlace fosfoéster es un enlace covalente que une la aldopentosa del nucleósido con un grupo fosfato [unión producida entre un grupo alcohol (-OH) del ácido fosfórico y un grupo carboxilo (-COOH) de la aldopentosa del nucleósido, formado por la eliminación de una molécula de agua (CO-O-P)]. El resultado de esta unión es la formación de un nucleótido.



1.3 Tipos de los nucleótidos

Los nucleótidos se clasifican, según si forman polímeros o no, en: nucleótidos que forman polinucleótidos (nucleótidos unidos formando una cadena lineal llamada ácido nucleico), y nucleótidos que no forman los ácidos nucleicos

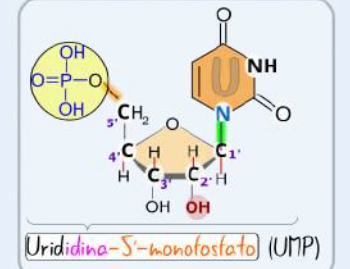
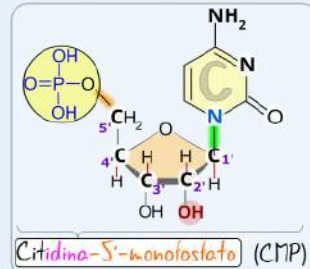
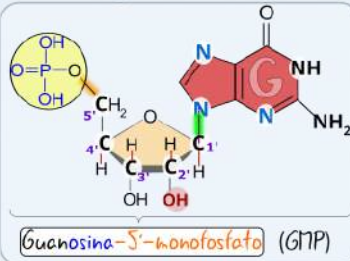
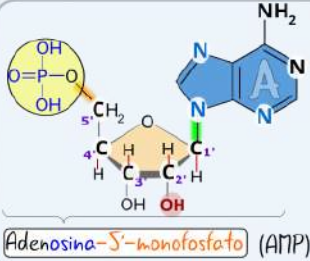
Los nucleótidos que sí forman polímeros son aquellos que al unirse unos con otros forman una cadena lineal no ramificada que se le conoce como cadena de nucleótidos. Hay dos tipos de ácidos nucleicos según el tipo de monómeros que se junten: ácidos ribonucleicos (conocidos bajo el acrónimo ARN) y ácidos desoxirribonucleicos (cuyas siglas son ADN)

➤ Ácidos ribonucleicos (ARN) presenta como monómeros los ribonucleótidos: adenosina monofosfato (AMP), guanosina monofosfato (GMP), citidina monofosfato (CMP) y uridina monofosfato (UMP).

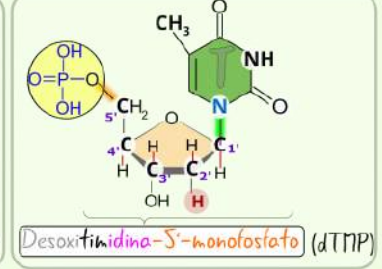
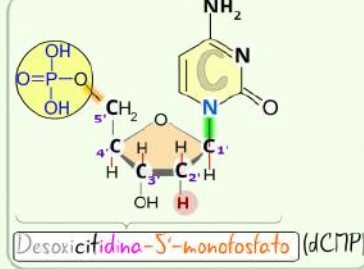
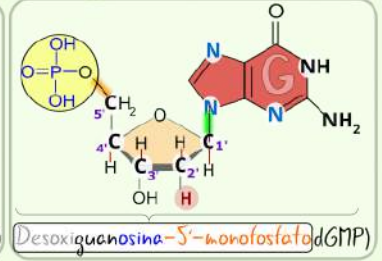
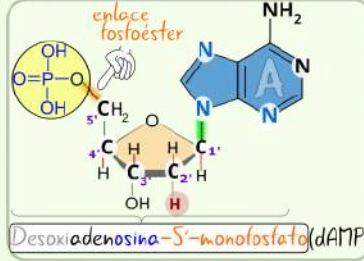
➤ Ácidos desoxirribonucleicos (ADN) presenta como monómeros los desoxirribonucleótidos: desoxiadenosina monofosfato (dAMP), desoxiguanosina monofosfato (dGMP), desoxicitidina monofosfato (dCMP) y desoxitimidina monofosfato (dTMP).

Nucleótidos de los ácidos nucleicos

Nucleótidos del ARN

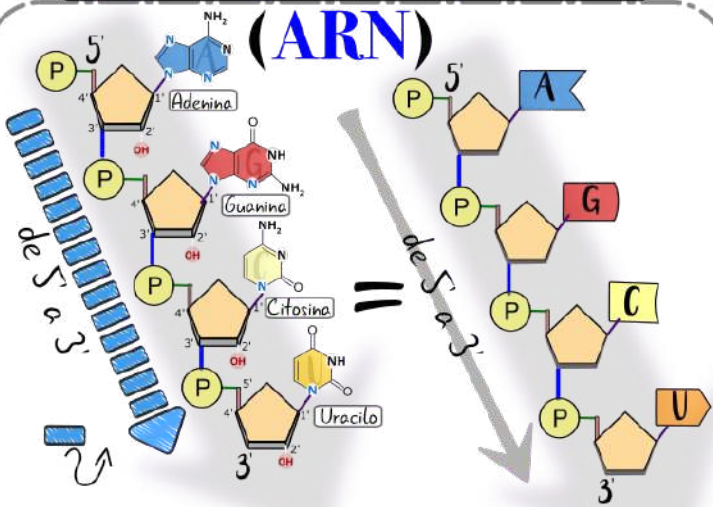


Nucleótidos del ADN



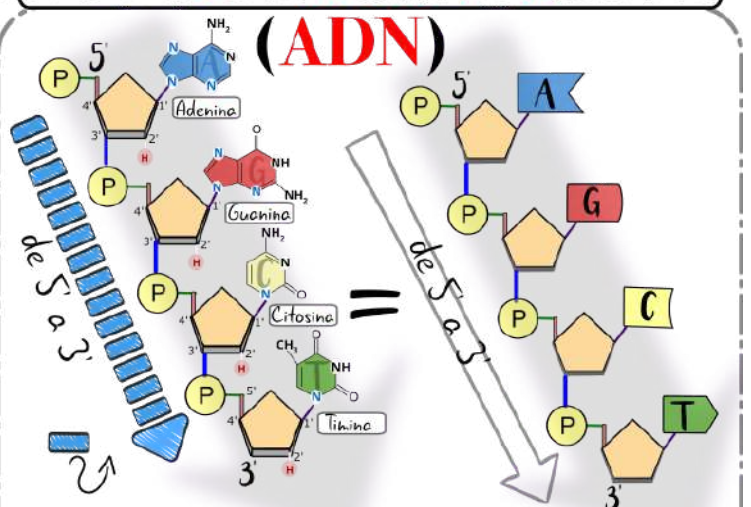
Cadena de ácidos ribonucleótidos

(ARN)



Cadena de ácidos desoxirribonucleótidos

(ADN)

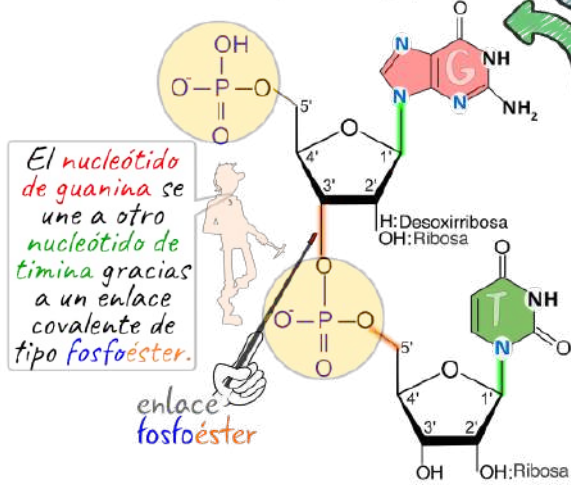


1.4 Unión de los nucleótidos

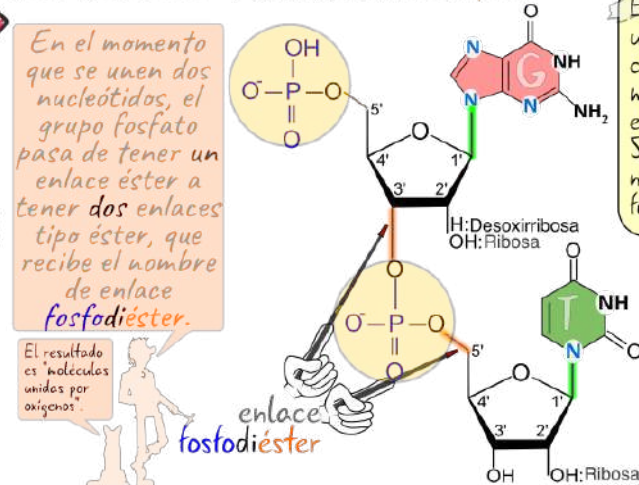
No estoy de acuerdo con la definición dada, pero tras consultar diversas fuentes y los criterios de Selectividad he decidido cambiarla. Para mí, la definición correcta sería:
 "Los nucleótidos se unen gracias al **enlace nucleotídico** (enlace covalente de tipo éster) que une el ácido fosfórico de un nucleótido con el carbono 3' de la pentosa del nucleótido anterior, liberándose una molécula de agua"

Los nucleótidos se unen entre sí gracias al **enlace fosfodiéster** que es un **enlace covalente** de tipo éster que une el ácido fosfórico de un nucleótido con el carbono 3' de la pentosa del nucleótido anterior, liberándose una molécula de agua.

Enlace fosfoéster



Enlace fosfodiéster



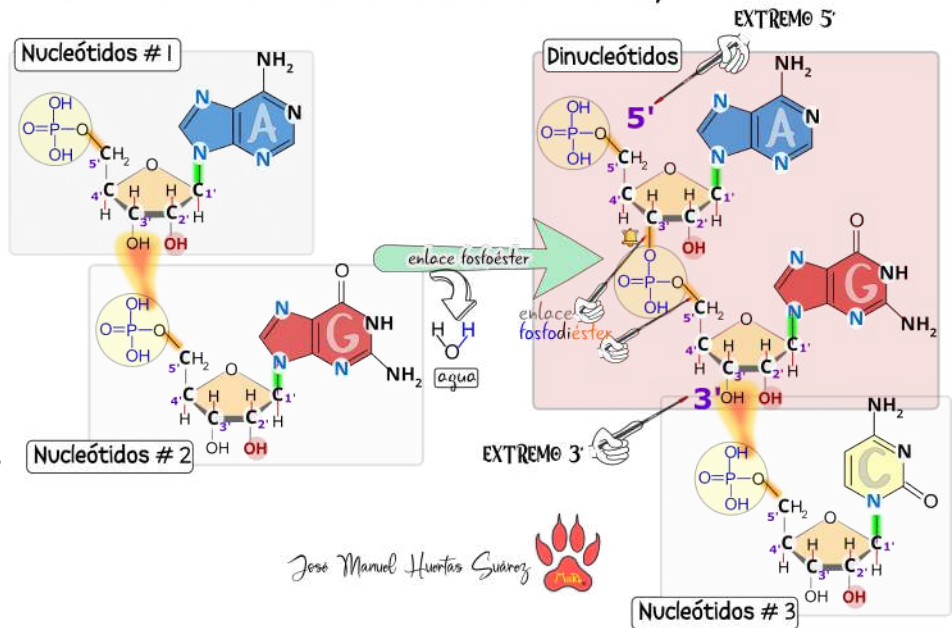
El enlace fosfodiéster une el átomo de carbono 3' de una molécula de azúcar y el átomo de carbono 5' de otra (de ahí el nombre, enlace fosfodiéster 3', 5'.

La unión de varios nucleótidos da lugar a cadenas de ácidos nucleicos. Estas cadenas presentan dos extremos: el extremo 5' y el extremo 3'

Unión de nucleótidos,

Extremo 5', con un grupo fosfato unido al carbono 5' del primer nucleótido;

Extremo 3', con el radical hidroxilo (OH-) del carbono 3' del último nucleótido libre.



José Manuel Huertas Suárez

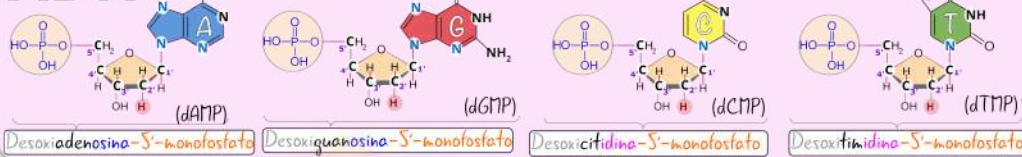
2 Estructura del ADN

La molécula de ADN presenta cuatro niveles estructurales jerarquizados (primaria, secundaria, terciario y cuaternario). El nivel terciario tiene niveles de compactación creciente. Vamos a decibir la estructura de la célula eucariota.



Monómeros de los ácidos desoxirribonucleicos

ADN



El límite entre el nivel terciario y cuaternario no está bien definido. Unos autores los establecen en solenoide o dominios en bucle y otros, como yo, que lo hago a nivel de cromosoma.

Otros autores dicen que solo hay tres niveles. No existe 4º

Estructura primaria

cadena polidesoxirribonucleótidos uno detrás del otro unidos mediante fosfodiéster

Estructura secundaria

cadena polidesoxirribonucleótidos adquiere la estructura de una doble hélice (2 nm)

Estructura terciaria

cadena polidesoxirribonucleótidos adquiere la estructura de superhélice de 10 nm, 30 nm, 150 nm y 300 nm

FIBRA NUCLEOSÓMICA o COLLAR de PERLAS (10 nm)

FIBRA de CROMATINA o SOLENOIDE (30 nm)

DOMINIOS en BUCLE (150 nm)

ESPIRALES en BUCLE o ROSETONES (300 nm)

Estructura cuaternaria

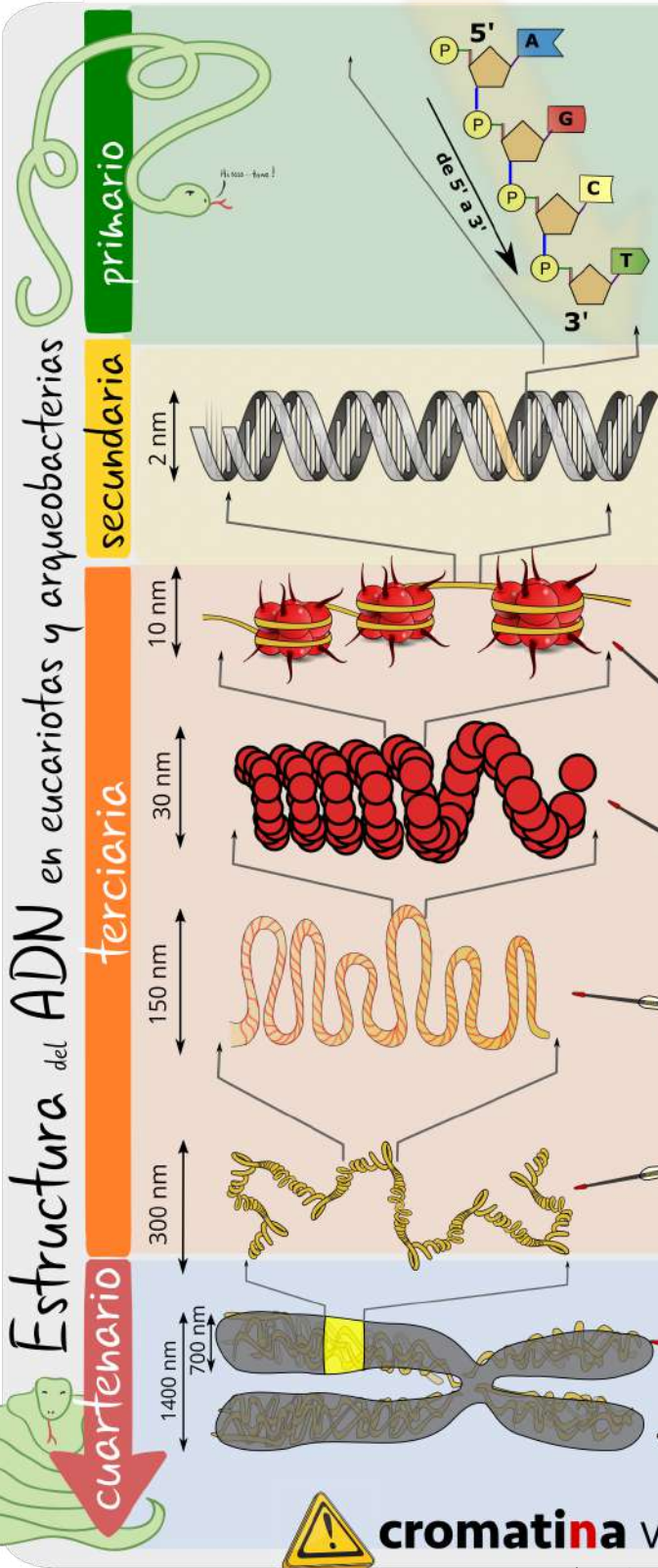
FIBRA de CROMÁTIDA (700 nm)

CROMOSOMA (1400 nm)

La fibra de 30 nm consigue reducir entre 35 y 40% veces la longitud de fibra de 2 nm



El cromosoma humano mide 5,5 um de longitud y contiene 4 cm de fibra de ADN



cromatina vs. cromatida

José Manuel Huertas Suárez



2.1 Estructura primaria

La estructura primaria es la secuencia lineal no ramificados de desoxirribonucleótidos encadenados gracias al enlace fosfodiéster. El esqueleto de esta cadena lo constituye la aldopentosa y el ácido fosfórico; mientras que, las bases nitrogenadas aparecen como grupos laterales unidos perpendicularmente al esqueleto.

Las propiedades de la estructura primaria son: la secuencia de nucleótidos se unen entre sí por un enlace covalente llamado **enlace fosfodiéster**, la cadena formada por tal unión presenta dos extremos: extremo 5' y extremo 3', la adición de nucleótidos se hace en sentido de la posición 5' → 3' y las cadenas se diferencian unas de otras por tres características: (1) tamaño (número de nucleótidos), (2) su composición (mayor o menor cantidad de una determinada base) y (3) su secuencia (orden de los nucleótidos).

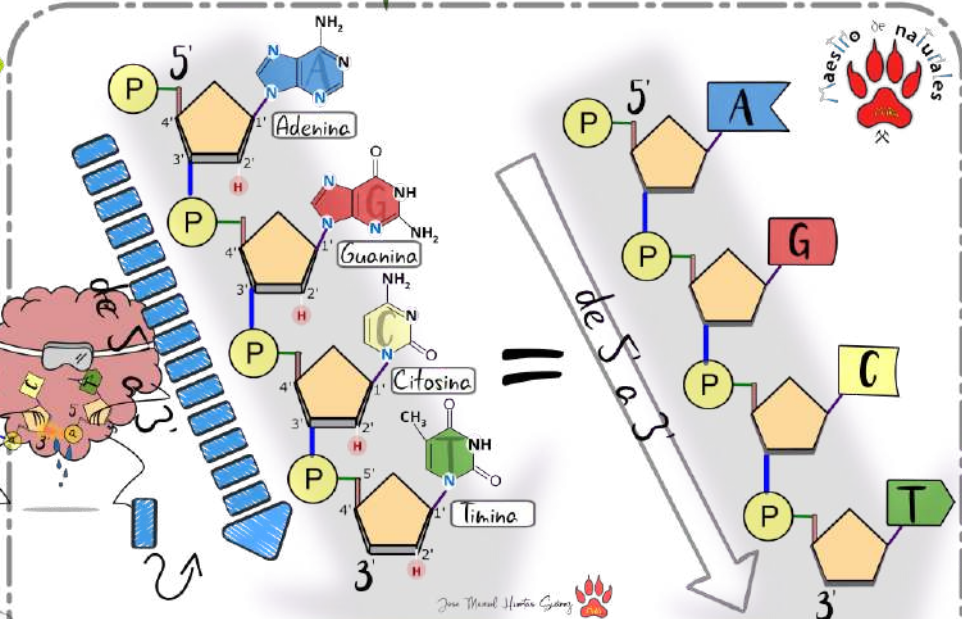
Propiedades de la estructura primaria del ADN

1 El enlace covalente **fosfodiéster** une los nucleótidos entre sí formando una cadena de polidesoxirribonucleótidos.
La secuencia de nucleótidos se unen entre sí por un enlace covalente llamado **enlace fosfodiéster**

2 La cadena de polidesoxirribonucleótidos tiene dos extremos.
Nos fijamos en las posiciones de los carbonos de la aldopentosa. La posición del carbono 5' que se une al grupo fosfato y la posición 3' unido a un hidroxilo

3 La adición de desoxirribonucleótidos se hace en sentido **5' → 3'**.
Se ha observado que biológicamente se unen así (replicación del ADN las enzimas solo son capaces de añadir los nucleótidos al extremo 3')

4 Cada cadena se diferencia de otra por:
• su longitud (cantidad de nucleótidos agregados)
• secuencia de desoxirribonucleótidos (el orden en el que aparecen)
• su composición química (depende del tipo de base que hay en el nucleótido)



Estructura primaria del ADN

Cadena de ácidos desoxirribonucleótidos

En la secuencia de nucleótidos reside la información biológica / genética (explica cómo es y cómo funciona un organismo)
En un gameto humano hay $3,2 \cdot 10^9$ nucleótidos

La cadena suele representarse de forma escrita mediante la inicial de la base nitrogenada que contiene el nucleótido y comenzamos a escribir por el nucleótido que presenta el 5' libre

Ejemplo #1	Ejemplo #2
ACGTT	ACGTTAAGGCCAT
Extremo 5'	Extremo 3'

1 El ADN del "Pipistrellus pipistrellus" tiene 23% de bases nitrogenadas de **adenina**. ¿Cuáles son los porcentajes de las otras bases?

REGLAS DE CHARGAFF explica la proporción en la que se encuentran las bases nitrogenadas en un organismo cuyo material hereditario es ADN de doble cadena

En cada organismo ...

nº moléculas guanina	=	nº moléculas citosina
nº moléculas adenina	=	nº moléculas timina

Hay tantas moléculas de **guanina** como de **citosina**

Hay tantas moléculas de **adenina** como de **timina**

2.2 Estructura secundaria

La estructura secundaria es la disposición espacial de las dos cadenas de desoxirribonucleótidos, antiparalelas, complementarias y enrolladas sobre un eje imaginario que forman una doble hélice de 2 nm de diámetro.

Ambas cadenas, se mantienen unidas mediante (1) puentes de hidrógeno entre las bases nitrogenadas de una y otra cadena. Esta estructura recuerda a una escalera de caracol en la que los peldaños son las bases nitrogenadas, y los pasamanos (= esqueleto) son las aldopentosa y los ácidos fosfóricos

Propiedades de la estructura secundaria de la doble hélice en forma B (de la molécula del ADN)

1 dos cadenas de polinucleótidos forman una DOBLE HÉLICE

La hélice tienen un grosor de 2 nm. Cada 3,4 nm la hélice da una vuelta (¡ hay 10 nucleótidos por vuelta!). Hay dos surcos: surco mayor y surco menor

2 dos cadenas de polinucleótidos ANTIPARALELAS

Una cadena va en un sentido y otra cadena va en otro sentido

Las bases nitrogenadas se disponen hacia el interior de la doble hélice, siendo los planos de sus anillos perpendiculares al eje de la estructura; mientras que las pentosas y los grupos fosfatos quedan en el exterior

Los grupos fosfatos pueden ionizarse, proporcionando a los ácidos nucleicos un carácter ácido, de forma que también se definen como polianiones.

3 dos cadenas de polinucleótidos COMPLEMENTARIAS

Las bases están apareadas; es decir, la adenina se une con la timina gracias a dos enlaces de puente de hidrógeno (A=T) y la guanina se une con la citosina gracias a tres enlaces de puente de hidrógeno (G≡C)

La estabilidad de la cadena se la da los enlaces de puentes de hidrógeno antes citados y los enlaces de Van der Waals que se da entre los grupo hidrófobos (-CH₃ y -CH=) de dichas bases

4 dos cadenas de polinucleótidos DEXTRÓGIRAS

Las hebras de ADN giran hacia la derecha según un eje imaginario

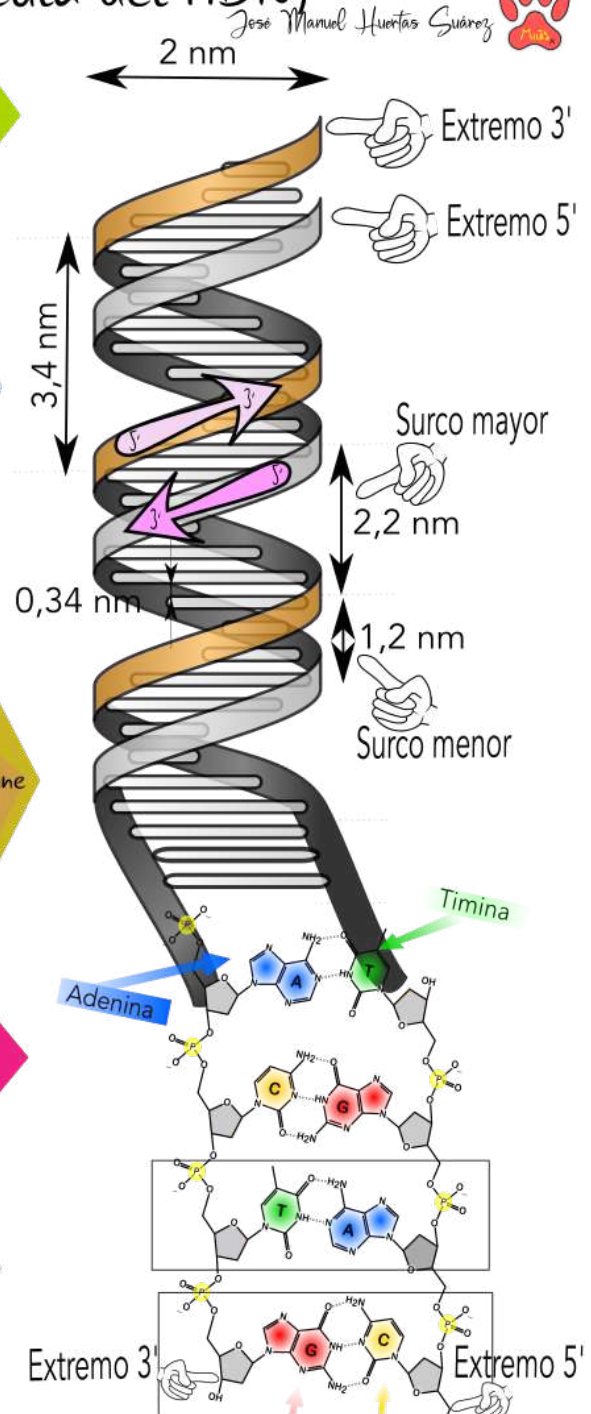


5 dos cadenas de polinucleótidos con enrollamiento PLECTONÉMICO

Para separar las dos cadenas hay que desenrollarlas primero y después separarlas

6 dos cadenas de polinucleótidos pueden:

- separarse cuando la temperatura es muy alta (DESNATURALIZACIÓN)
- volver a juntarse (RENATURALIZACIÓN)



Si en una cadena hay **guanina**, en la otra, al mismo nivel, hay **citosina**

Por tanto, la secuencia de cada cadena es diferente ¡Qué fuerte!

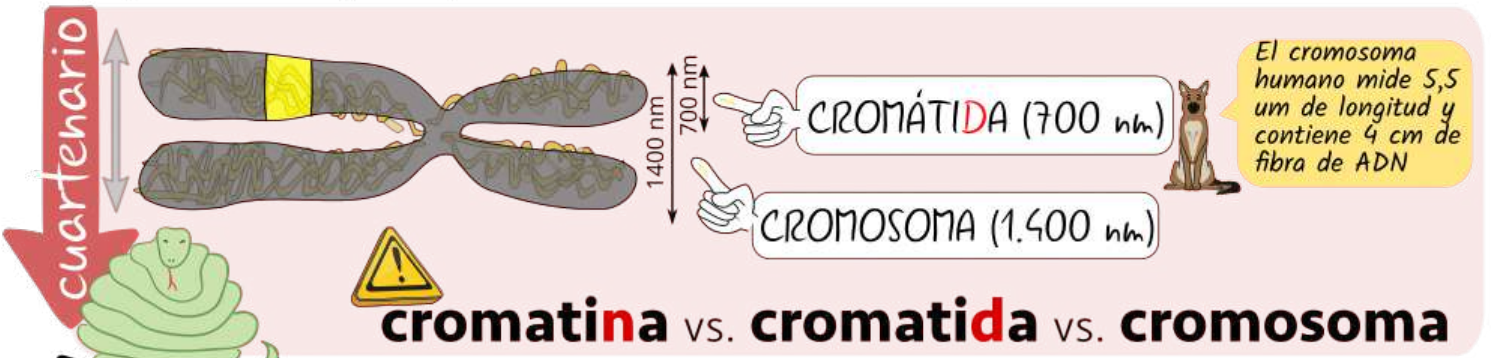


2.3 Estructura cuaternaria

La estructura cuaternario (ADN "megasuperenrollado") es el máximo empaquetamiento que experimenta la estructura secundaria en forma de de cromosoma con cromátidas hermanas (o sin ellas).

Los espirales en bucle o rosetones de 300 nm se pliegan y se enrollan sobre sí mismos. El resultado final es una estructura que recibe el nombre de cromosoma, cuya cromátidas presentan un diámetro medio de 700 nm.

Estructura cuaternaria, es el máximo empaquetamiento que experimenta la estructura secundaria en forma de de cromosoma

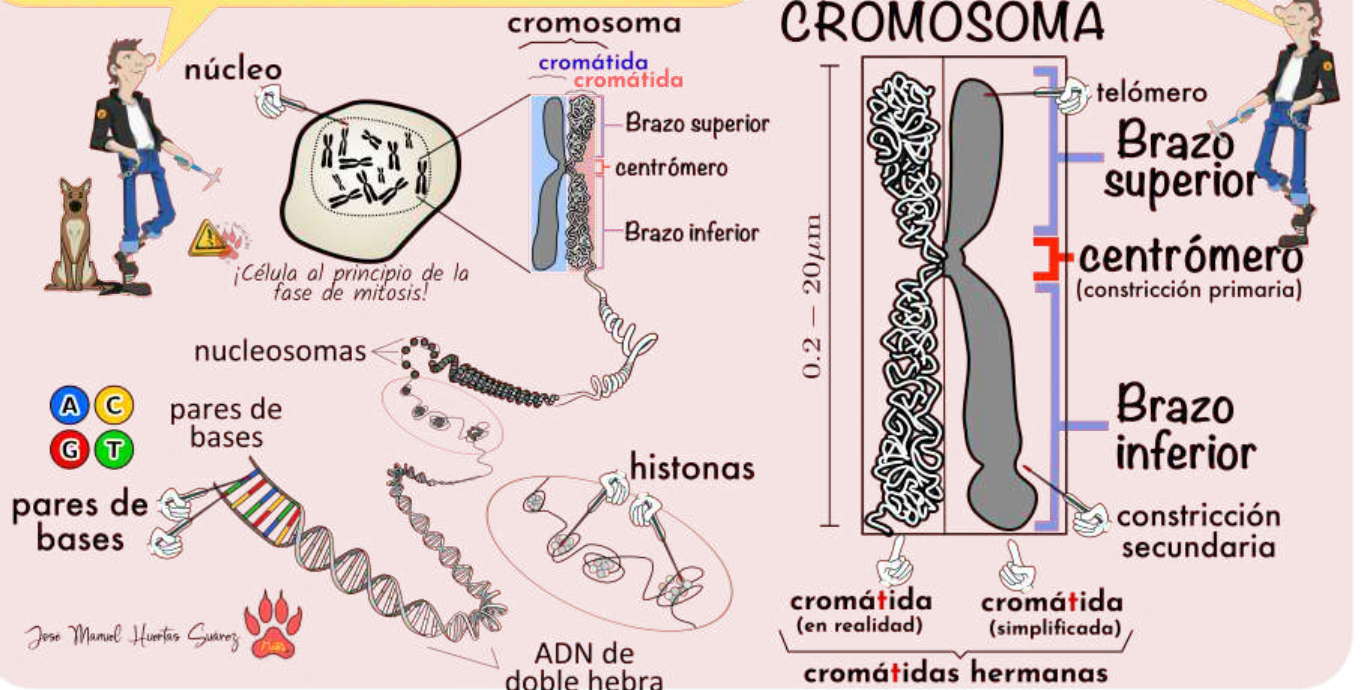


El cromosoma es el ADN compactado en forma de X o bastón

El cromosoma es la estructura que adquiere la cadena de ácidos desoxirribonucleicos (ADN) cuando se compacta. Lo puede hacer en forma de X (visible al principio de la división del núcleo) o de bastón (visibles únicamente al final de la división del núcleo o durante la división del citoplasma).

Cada cromosoma está formado por dos partes o cromátidas iguales (=cromátidas hermanas), las cuales están unidas a un punto que recibe el nombre de centrómero

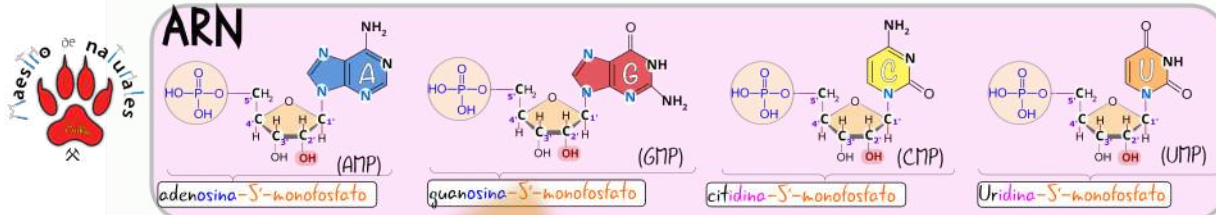
cromátida y cromosoma



3 Estructura del ARN

La molécula de ARN presenta hasta tres niveles estructurales jerarquizados (primaria, secundaria y terciaria).

Monómeros de los ácidos ribonucleicos



Estructura primaria

• cadena polirribonucleótidos uno detrás del otro unidos mediante fosfodiéster

El ARN se pliega sobre sí mismo debido al apareamiento intramolecular de bases. La estructura secundaria es la forma que adquiere durante el plegado: en hélice, bucle, bucle en horquilla, bucle múltiple, bucle interno, protuberancia, pseudonudo, etc.

Estructura secundaria

• una única o doble cadena de polirribonucleótidos adquiere un gran número de disposiciones espaciales debido al plegamiento causado por el emparejamiento de bases nitrogenadas unidas por puentes de hidrógeno

El ARN recién formado puede ser:
• ARNm si la información que contiene es para fabricar proteínas o
• ARNr si es precursor para formar ribosomas.

ARN mensajero

El ARNm es una 'cadena lineal' de polirribonucleótidos, cuya función es (1) copiar la información genética de cualquier de las dos hebras del ADN contenida dentro del núcleo (transcripción) y (2) trasladarla al citoplasma para la síntesis de proteínas.

ARN nuclear

El ARN es una cadena lineal de entre 100 a 300 ribonucleótidos, cuya función es asociarse en el nucleolo con proteínas procedentes del citoplasma y formar una ribonucleoproteína. Es el precursor del ARNr.

ARN interferencia

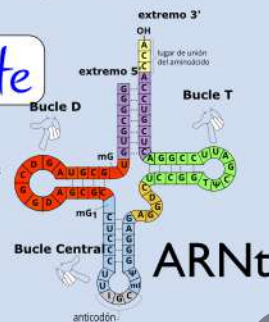
El ARN es una doble cadena de tan solo 20 a 25 ribonucleótidos cuya misión es realizar mecanismo de autocontrol de la célula. ¿Cómo? Actúan como activadores o inhibidores de enzimas. Estas enzimas deciden si ARNm puede o no transmitir la información para generar un tipo de proteína en concreto.

Estructura terciaria

• es la disposición en el espacio de la estructura secundaria debido interacciones de los distintos átomos de la misma molécula (apareamientos de bases distintos a los propuestos por Watson y Crick, como el apareamiento Hoogsteen, los apareamientos triples y los zíperes de ribosa).

ARN transferente

El ARN. es una cadena plegada de entre 75 y 90 ribonucleótidos, cuya función es (1) recoger un aminoácido que se encuentra disperso en el citoplasma y (2) transportarlo hasta los ribosomas, controla la fabricación de ARNm.



ARN ribosómico

El ARN. es una cadena lineal de polirribonucleótidos con zonas de doble hélice, cuya función es asociarse a proteínas y formar los ribosomas. ARNr + Proteínas = Ribosoma. Su función es lugar donde se ensamblan los aminoácidos.

ARN ribosómico (se tiñen de marrón)

proteínas (se tiñen de azul)



GIF Ribosoma

Estructura del ARN en eucariotas

primario

secundaria

terciaria



4 Ácidos nucleicos

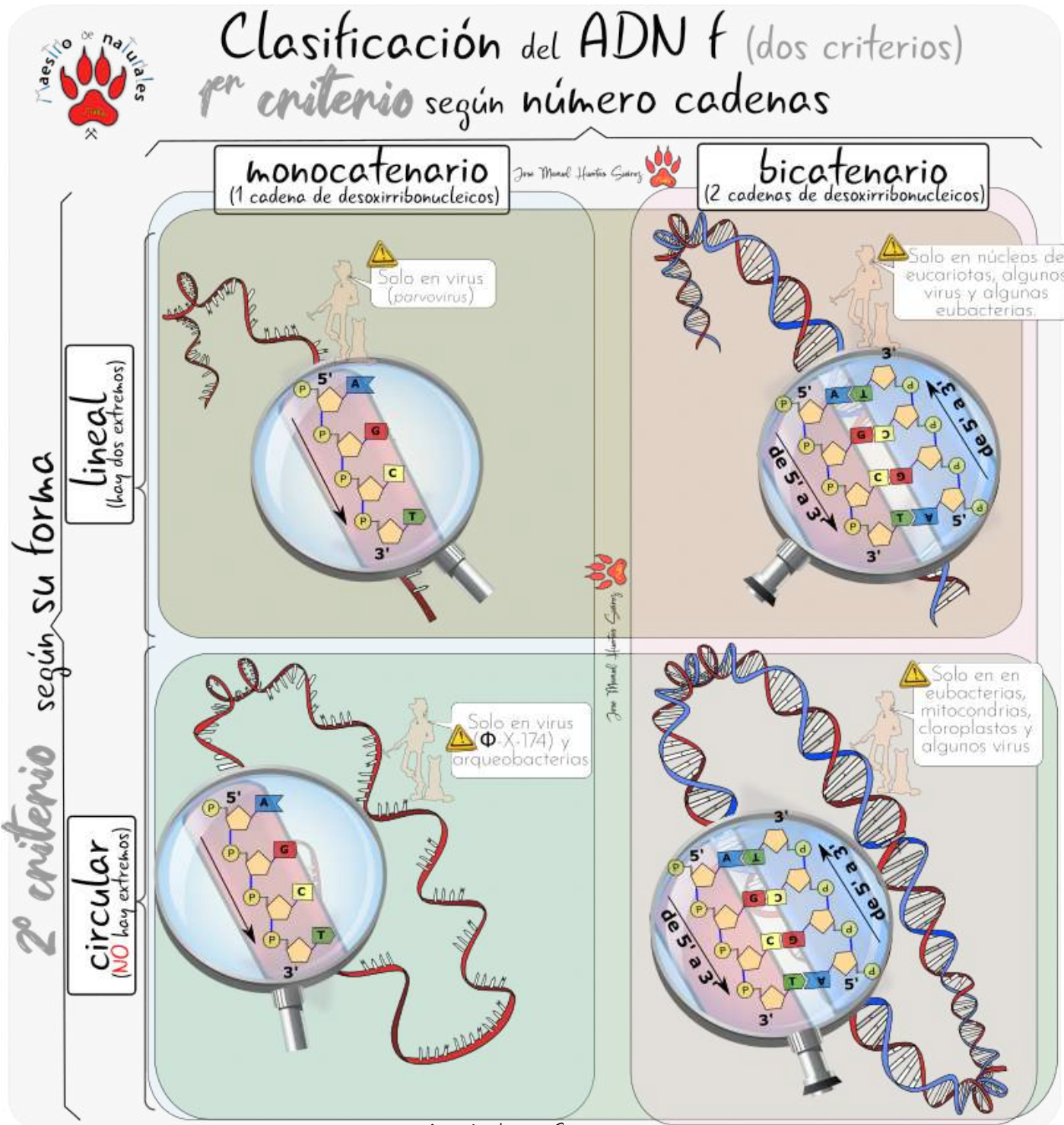
Los ácidos nucleicos son grandes polímeros formados por la repetición de monómeros denominados nucleótidos, unidos mediante enlaces fosfodiéster. Por tanto, son macromoléculas constituidas por subunidades más sencillas llamadas nucleótidos. Hay dos tipos de ácidos nucleicos: el ADN (ácido desoxirribonucleico) y el ARN (ácido ribonucleico). La función de los ácidos nucleicos es almacenar, transmitir y expresar la información genética.

4.1 Ácidos desoxirribonucleicos (ADN)

Los ácidos desoxirribonucleicos (ADN) son macromoléculas formada por la unión de desoxirribonucleótidos de adenina, guanina, citosina y timina mediante enlaces fosfodiéster en sentido 5'→3'.

Los ácidos desoxirribonucleicos (ADN) se clasifican según tres criterios: el número de cadenas que constituyen el ADN, la forma geométrica del ADN y según el tipo de molécula que utilice como soporte el ADN para reducir su longitud (= empaquetarse).

La mayoría de los ADN son bicatenarios; es decir, poseen dos cadenas de polidesoxirribonucleótidos unidas por puentes de hidrógeno formando una doble hélice (en la mayoría de los virus es monocatenario). El ADN realiza las siguientes funciones: (1) almacenar la información genética necesaria para construir todas las proteínas que intervienen en el crecimiento y desarrollo de un organismo (contiene las órdenes para crear proteínas) y (2) transmitir la información genética a las células hijas valiéndose del mecanismo de autoduplicación (replicación del ADN).

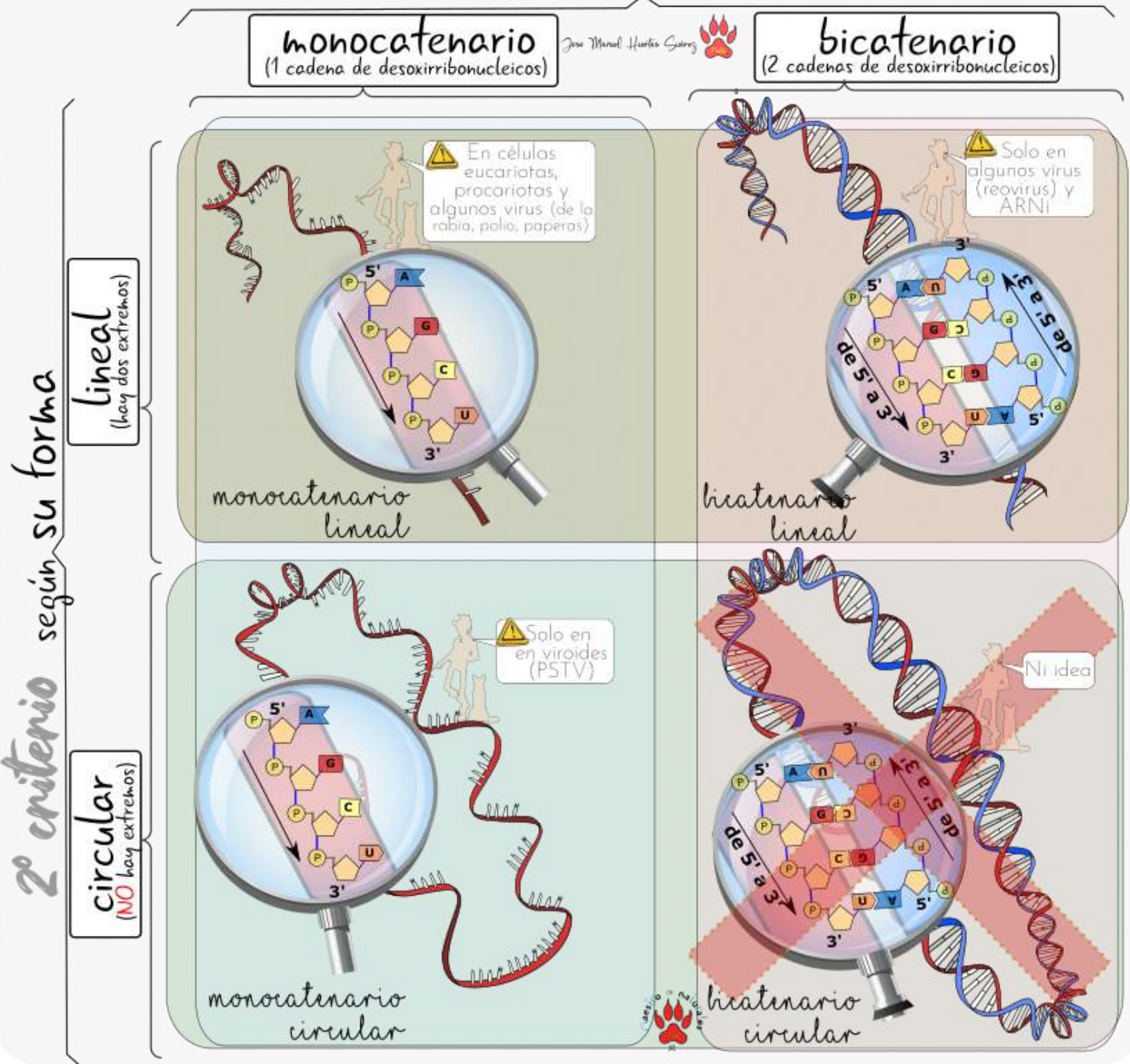


4.2 Ácidos ribonucleicos (ARN)

Los ácidos ribonucleicos (ARN) son macrobiomoléculas formada por la unión de ribonucleótidos de adenina, guanina, citosina y uracilo mediante enlaces fosfodiéster en sentido 5'→3'. La mayoría de los ARN son monocatenarios; es decir, poseen una sola cadena de polirribonucleótidos (solo eucariota, procariotas y algunos virus); no obstante, podemos encontrarnos bicatenarios unidos por puentes de hidrógeno formando una doble hélice (solo algunos virus).

El ARN realiza muchas funciones biológicas, pero las más importantes son: (1) generar ADN a partir del ARN (retrotranscripción en los virus), (2) catalizar reacciones bioquímicas (función enzimática) y (3) llevar a cabo la biosíntesis de las proteínas (transformar la información codificada por los ácidos nucleicos en las proteínas necesarias para su desarrollo y funcionamiento del los organismo o células -regular la expresión génica-).

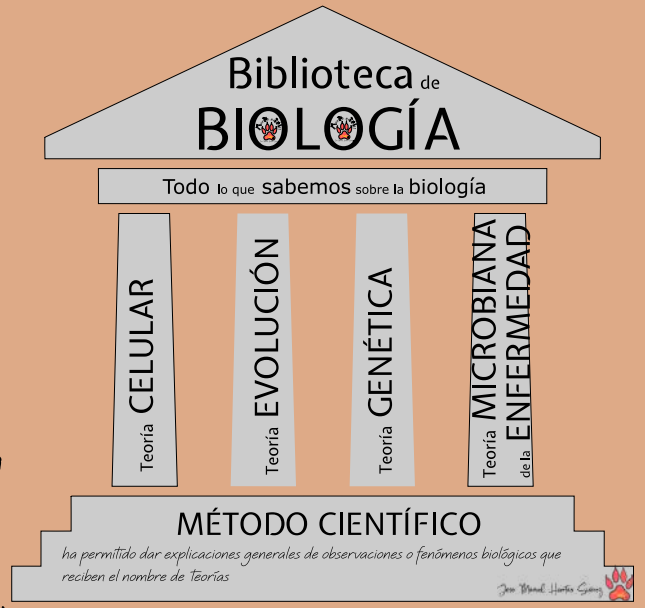
Clasificación del ARN f (dos criterios) 1º criterio según número cadenas



5 Dogma central de la biología

La biología está constituida sobre el conjunto de grandes ideas: teoría celular, teoría de la evolución, la teoría genética, la teoría cromosómica de la herencia, el dogma central de Crick sobre el flujo de la información genética (ARN → ARN → Proteínas) y la teoría microbiana de la enfermedad. En este tema, vamos a estudiar dos de ellas

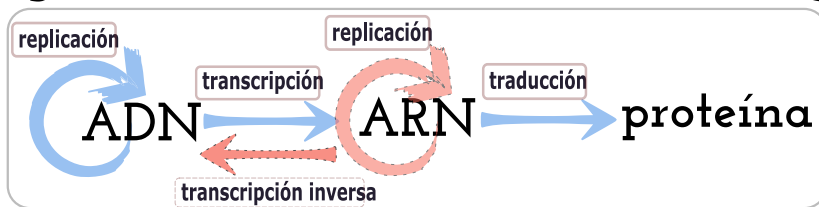
- la **teoría celular** concibe a la célula como la unidad viva autónoma más pequeña de la que están hechos todos los organismos y responde a la pregunta ¿De qué están hechos los organismos?,
- la **teoría de la evolución** tiene como objetivo aclarar ¿por qué las especies cambian con el tiempo y contesta a la pregunta ¿de dónde vinieron las especies y cómo evolucionaron?
- la **teoría genética** declara que las características de los seres vivos están controladas por genes y responde a la pregunta ¿Por qué los descendientes se parecen a sus progenitores?
- la **teoría cromosómica** pone de manifiesto que los genes se encuentra en los cromosomas
- el **dogma central de la biología molecular** establece que la información genética fluye del material genético al ARN y de éste se traduce como proteína, las cuales adquieren estructuras específicas ADN o ARN → ARN → Proteínas (ADN o ARN → ARN → Proteínas) ¿Cómo? En este tema, vamos a dar respuesta a esta pregunta



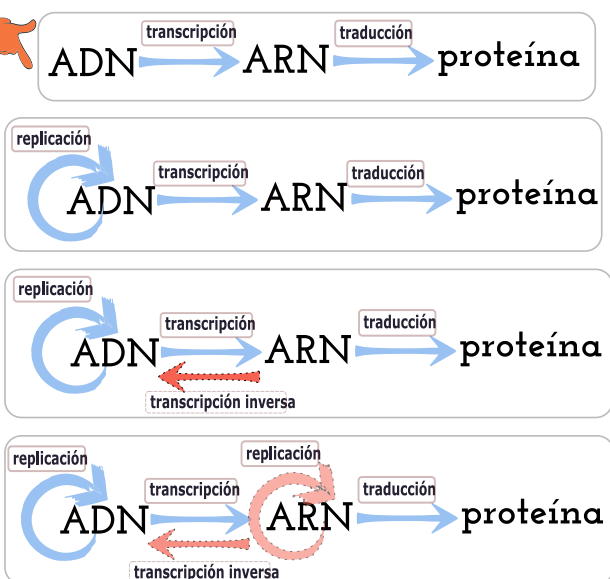
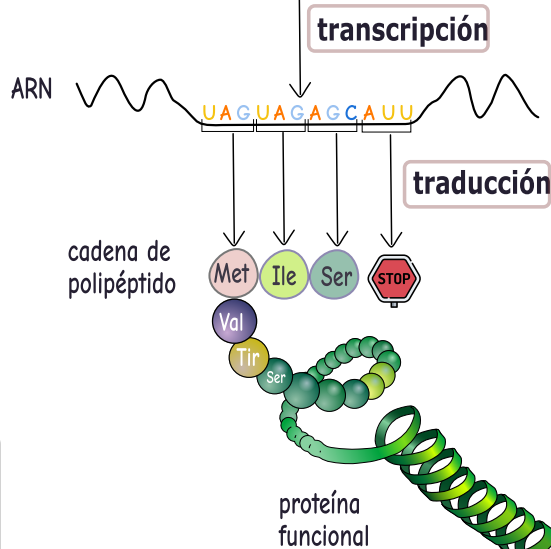
Todo lo que sabemos de la biología se recoge en cuatro teorías (explicación general de una observación o fenómeno) que reciben el nombre pilares fundamentales de la biología

El **dogma central** de la biología establece que la información genética fluye del material genético al ARN y de éste se traduce como proteína, las cuales adquieren estructuras específicas. Gráficamente quedaría así resumido: ADN o ARN → ARN → Proteínas.

Flujo de la información genética



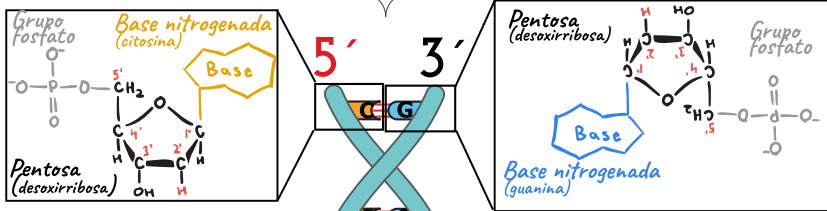
Un poco de historia, orden de los descubrimientos



6 Replicación del ADN

La **replicación** es la capacidad que tiene la molécula de ADN de copiarse a sí misma; es decir, es un proceso biológico que consiste en generar dos moléculas de ADN hijas a partir de una molécula progenitora. Este proceso ocurre en la fase síntesis, S, del ciclo celular.

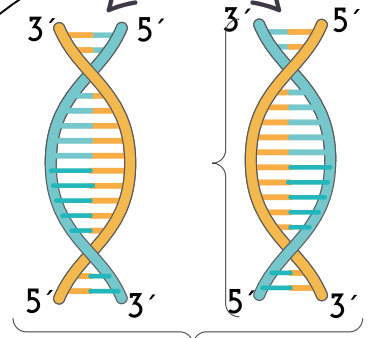
nucleótido **ADN progenitora**



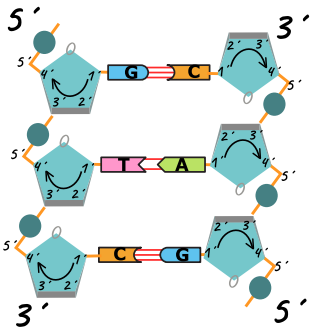
nucleótido

ADN progenitora

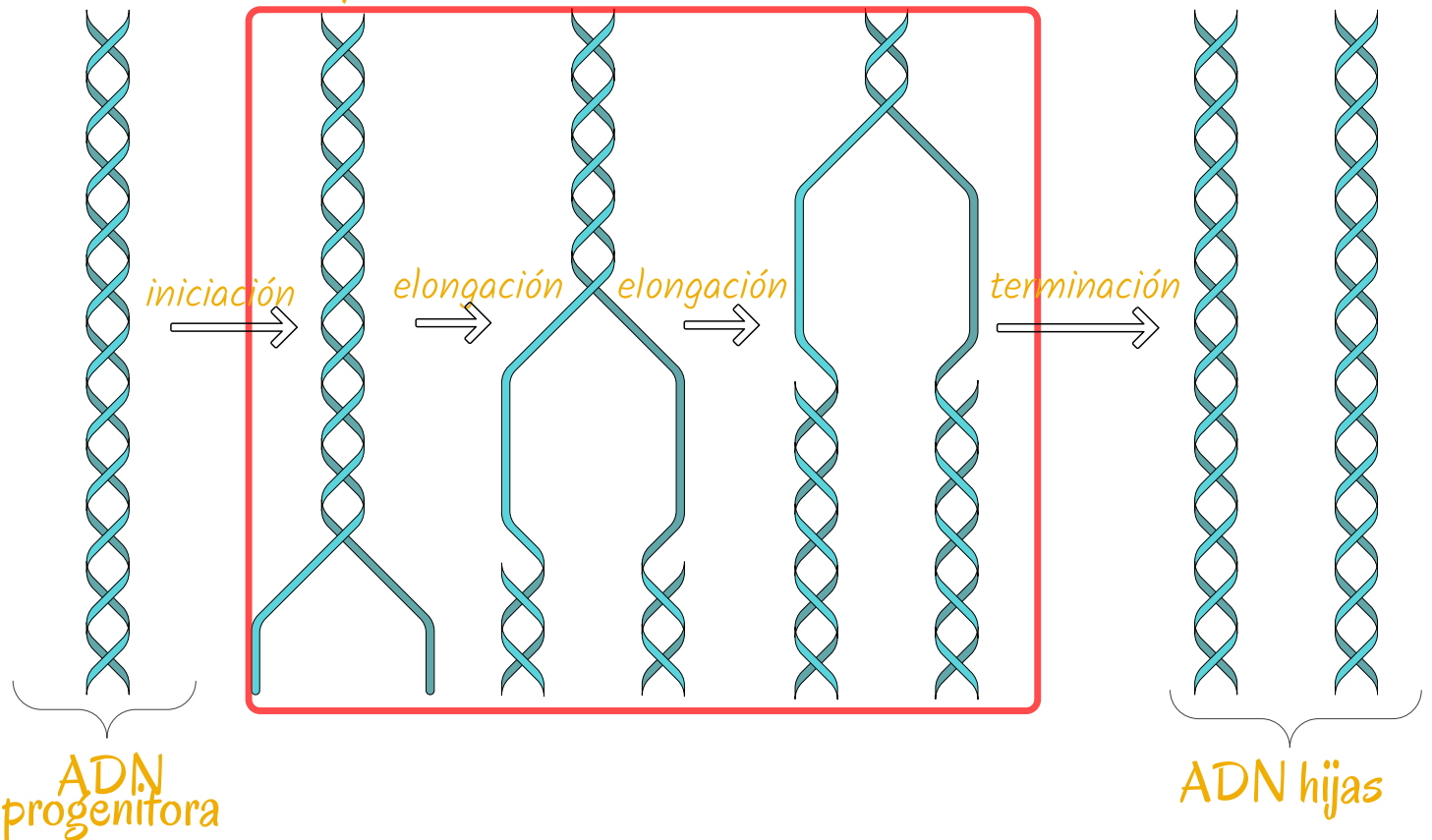
replicación



ADN hijas



replicación

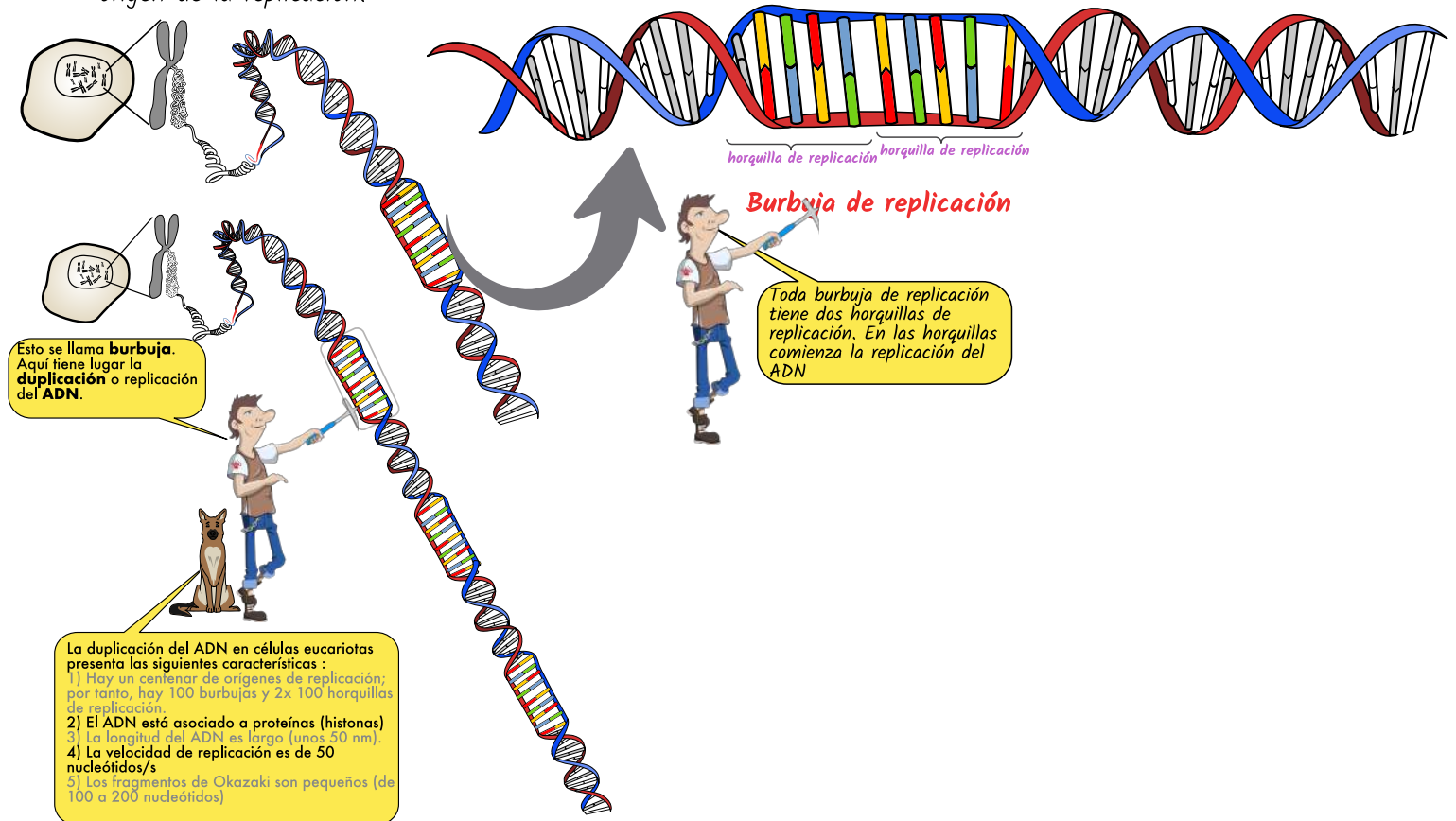


6.1 Elementos de la replicación del ADN

La replicación del ADN es llevada a cabo por seis tipos de enzimas (ADN polimerasa, ARN primasa, nucleasas, helicasas, topoisomerasas y ADN ligasas) y proteínas estabilizadoras como las proteínas ssb.

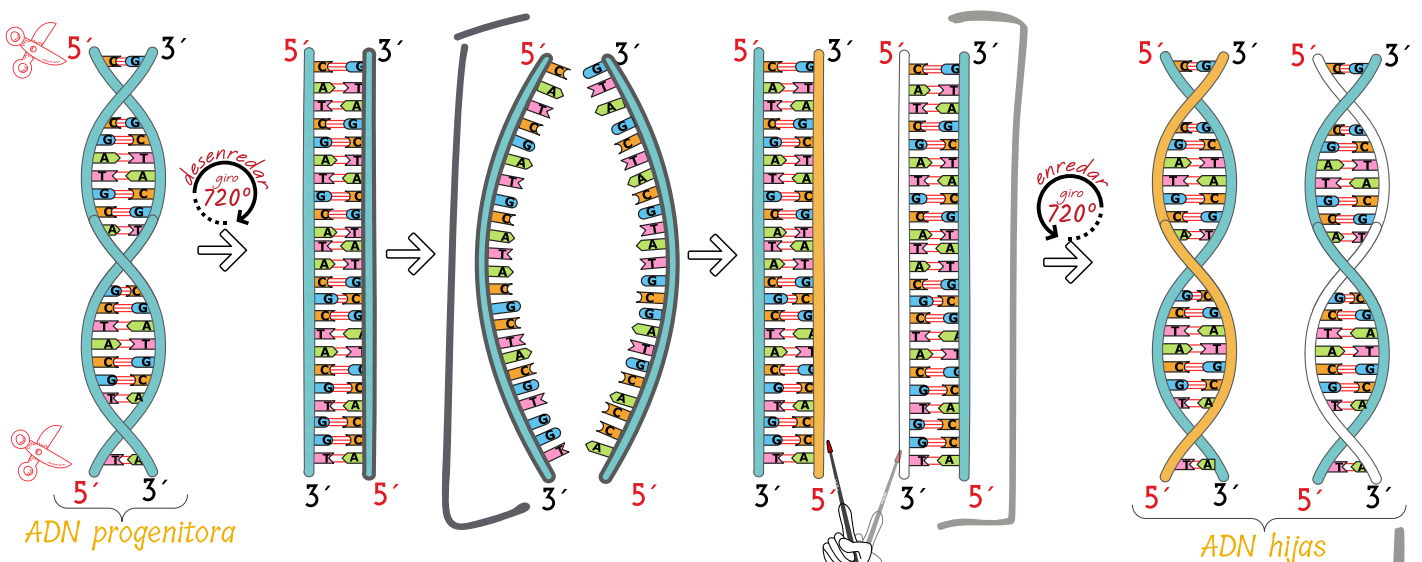
HELICASAS

Las **helicasas** son enzimas que rompen los puentes de hidrógeno que unen las bases nitrogenadas ¿Para qué? Para inducir el desenrollamiento y separación de las dos cadenas de ADN complementarias y crear un origen de la replicación.



TOPOISOMERASA

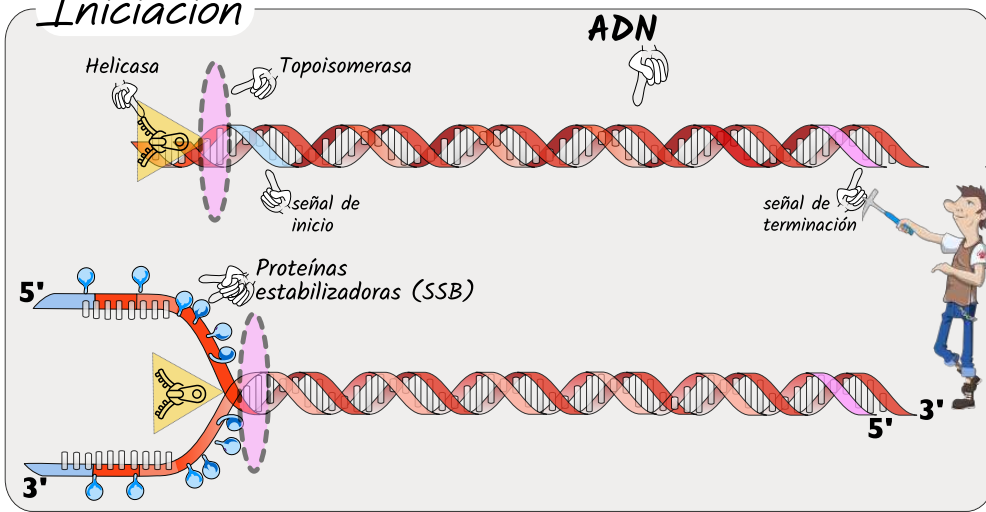
La **topoisomerasa** es una enzima que desenredan y enreda las cadenas de nucleótidos. ¿Cómo lo hacen? Primero cortan las cadenas de nucleótidos, luego la desenredan y, por último, las vuelven a enredar



6.2 El proceso de replicación del ADN en procariontas

El **proceso de replicación** en procariontas podemos resumirlos en tres etapas: **iniciación**, **elongación** y **terminación**

Iniciación



Fase de iniciación tiene como objetivo formar la burbuja u horquilla de replicación y ocurre de la siguiente manera: Helicasa > Topoisomerasa > SSB

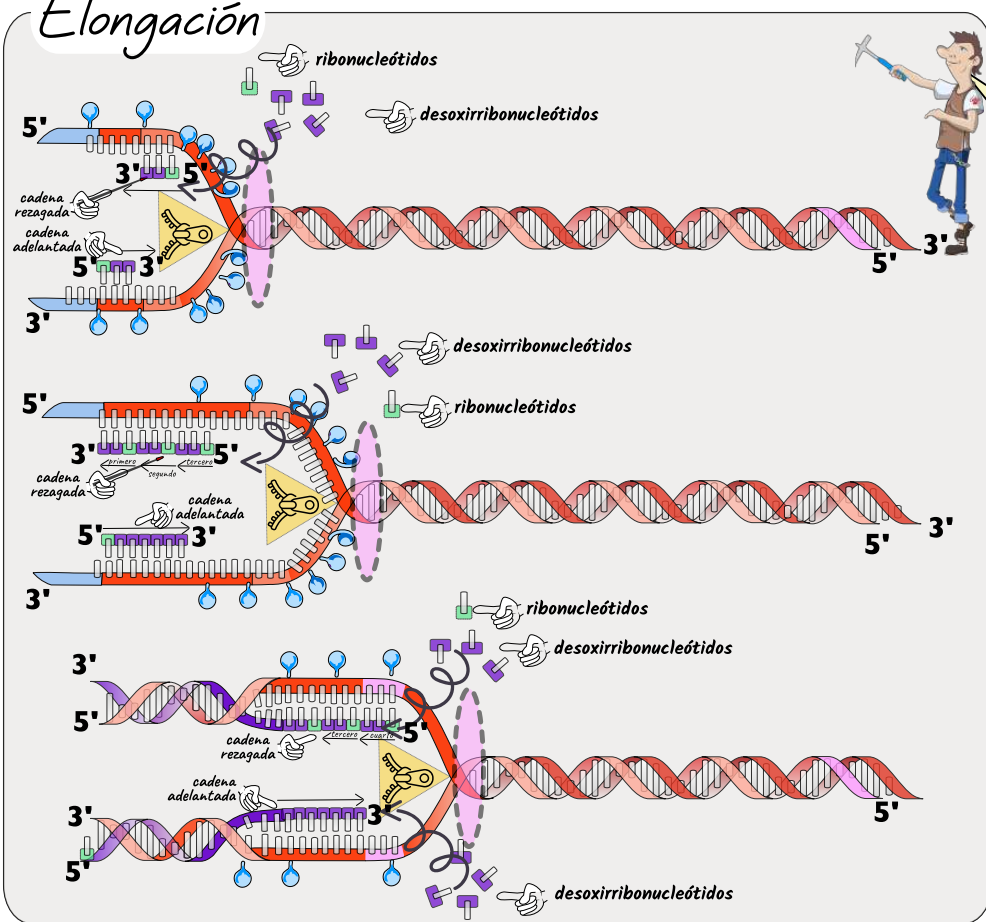
1º Dentro del ADN hay una secuencia de nucleótidos ricos en A y T (solo hay que romper dos puentes de hidrógeno) que actúa como **señal de inicio** del proceso y otra como **señal de terminación** ricos en citosinas y guaninas (solo hay que romper dos puentes de hidrógeno)

2º Más tarde la enzima **helicasa** rompe los enlaces entre los nucleótidos

3º Después la enzima **topoisomerasa** desenrolla el ADN. cadenas

4º Luego, las **proteínas estabilizadoras** mantienen separadas las dos cadenas

Elongación



Fase de elongación tiene como objetivo duplicación del ADN y ocurre de manera distinta en la cadena adelantada y rezagada.

CADENA ADELANTADA (la que sigue el sentido de apertura de la horquilla). La elongación ocurre así: **ARN primasa > ADN polimerasa III**

1º La enzima **ARN primasa** genera una secuencia de 10 nucleótidos (**cebador**). en sentido 5' a 3' al aparearse con los nucleótidos de la cadena original o molde.

2º Después la enzima **ADN polimerasa III** acopla al cebador más nucleótidos de ADN en sentido 5' a 3' teniendo en cuenta los emparejamientos de la cadena original y lo hace de manera continua sin detenerse.

CADENA REZAGADA (la que va en contrasentido de apertura de la horquilla). La elongación ocurre así: **ARN primasa > ADN polimerasa III > ADN polimerasa I > ADN ligasa**.

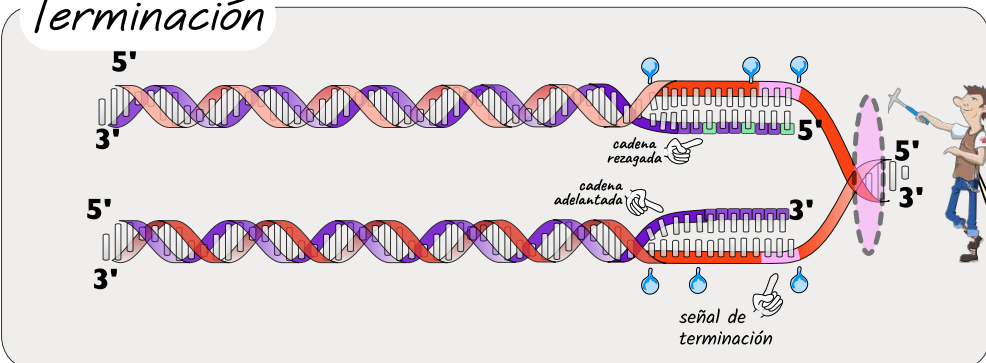
1º La enzima **ARN primasa** genera una secuencia de 10 nucleótidos (**cebador**) en sentido 5' a 3' al aparearse con los nucleótidos de la cadena original o molde.

2º Después la enzima **ADN polimerasa III** acopla al cebador más nucleótidos de ADN en sentido 5' a 3' teniendo en cuenta los emparejamientos de la cadena original y lo hace de manera discontinua deteniéndose y formando fragmento cortos de ADN llamados **fragmentos de Okazaki**.

3º A continuación, la enzima **ADN polimerasa I** retira el cebador (fragmentos de ARN) y lo sustituye por nucleótidos de ADN

4º Por último, el **ADN ligasa** une todos los fragmentos ADN sintetizados

Terminación



Fase de terminación tiene como objetivo acabar la duplicación del ADN y ocurre cuando llegamos a una secuencia de nucleótidos de la hebra original que señalan el **STOP** de la duplicación.

7 Transcripción del ADN

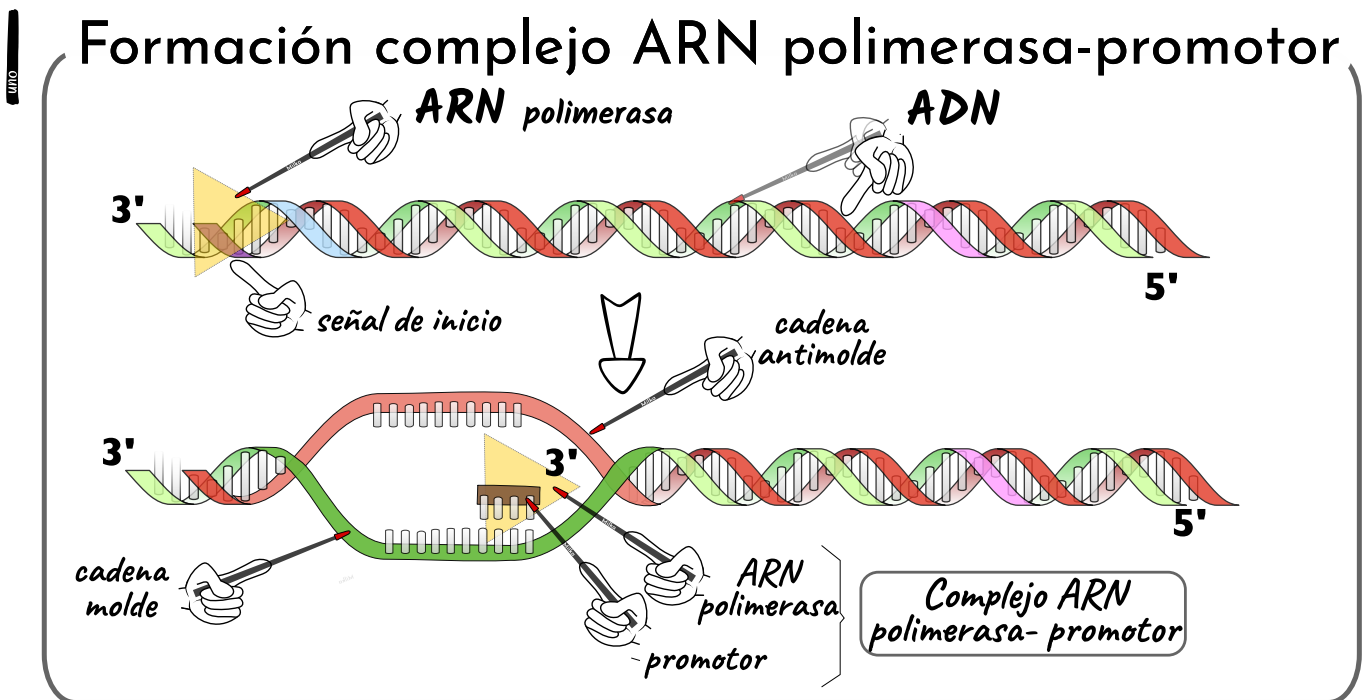
La **transcripción** es el proceso mediante el cual se genera ARN a partir del ADN; es decir, es un proceso mediante el cual se sintetizan los diversos tipos de ARN (ARNm, ARNr y ARNt), a partir de la información contenida en el ADN. Este proceso se necesita energía y la presencia de enzimas, ARN-polimerasas, que catalizan la unión de ribonucleótidos y utilizan como sustrato los ribonucleótidos 5' trifosfato.

7.1 Etapas de la transcripción

El proceso de transcripción se distinguen tres etapas: **formación del complejo ARN polimerasa-promotor**, **inicio de la transcripción**, **elongación** y **terminación**.

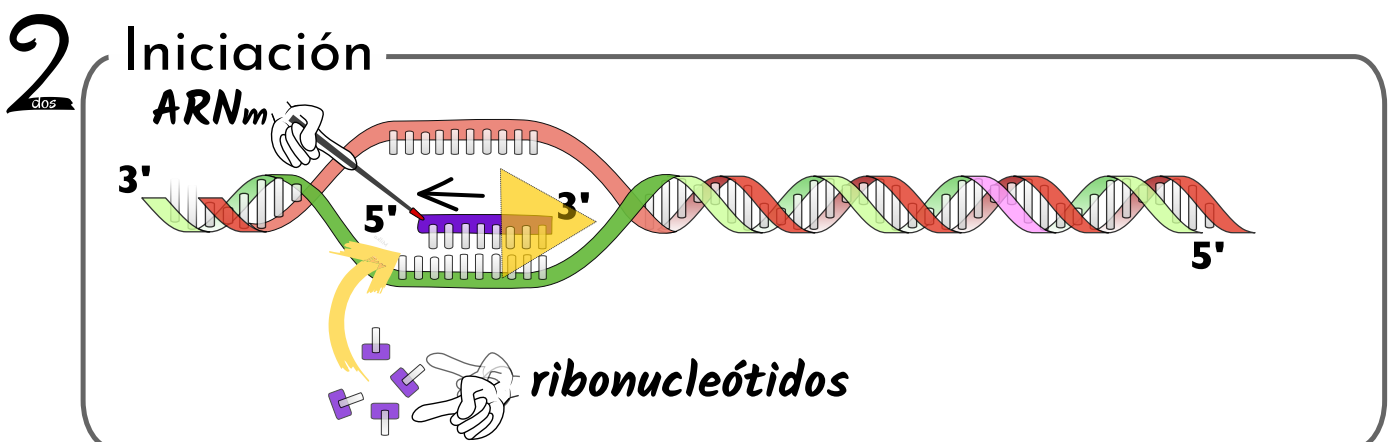
Formación del complejo ARN polimerasa-promotor

La ARN polimerasa reconoce las secuencia de inicio (= promotor) y se une a ella y se forma el complejo ARN polimerasa-promotor. A continuación la ARN polimerasa-promotor avanza, desenrollando, rompiendo los enlaces puentes de hidrógeno y separando las dos cadenas del gen. Así se origina la burbuja de transcripción, donde distinguimos la cadena molde (sentido 3'→5') y la cadena antimolde (5'→3').



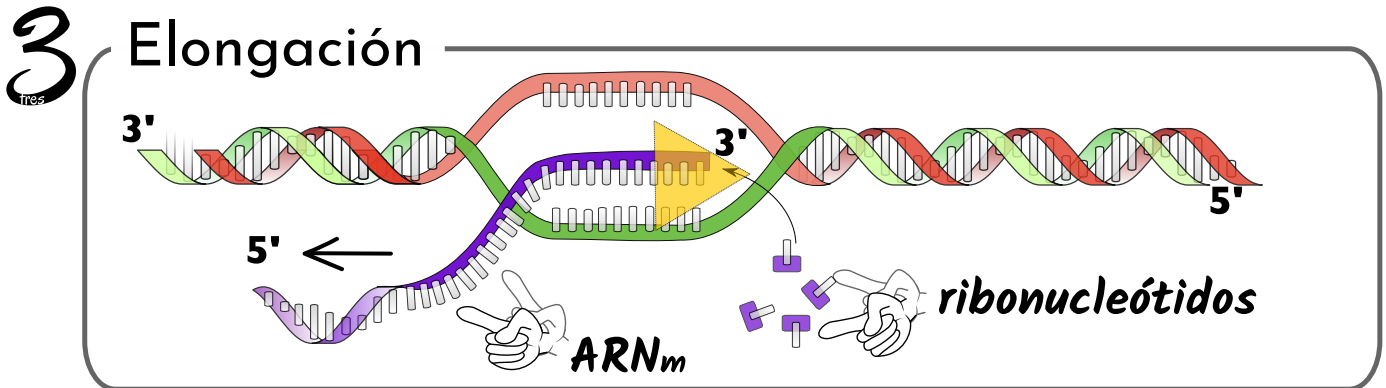
Inicio de la transcripción

La iniciación de la transcripción comienza en el momento que la ARN polimerasa coloca el primer ribonucleótido complementario enfrente a la cadena molde (recuerda A=U; G≡C). A continuación, la ARN polimerasa coloca el segundo ribonucleótido y lo une al primer ribonucleótico colocado mediante enlace fosfodiéster.



elongación de la transcripción

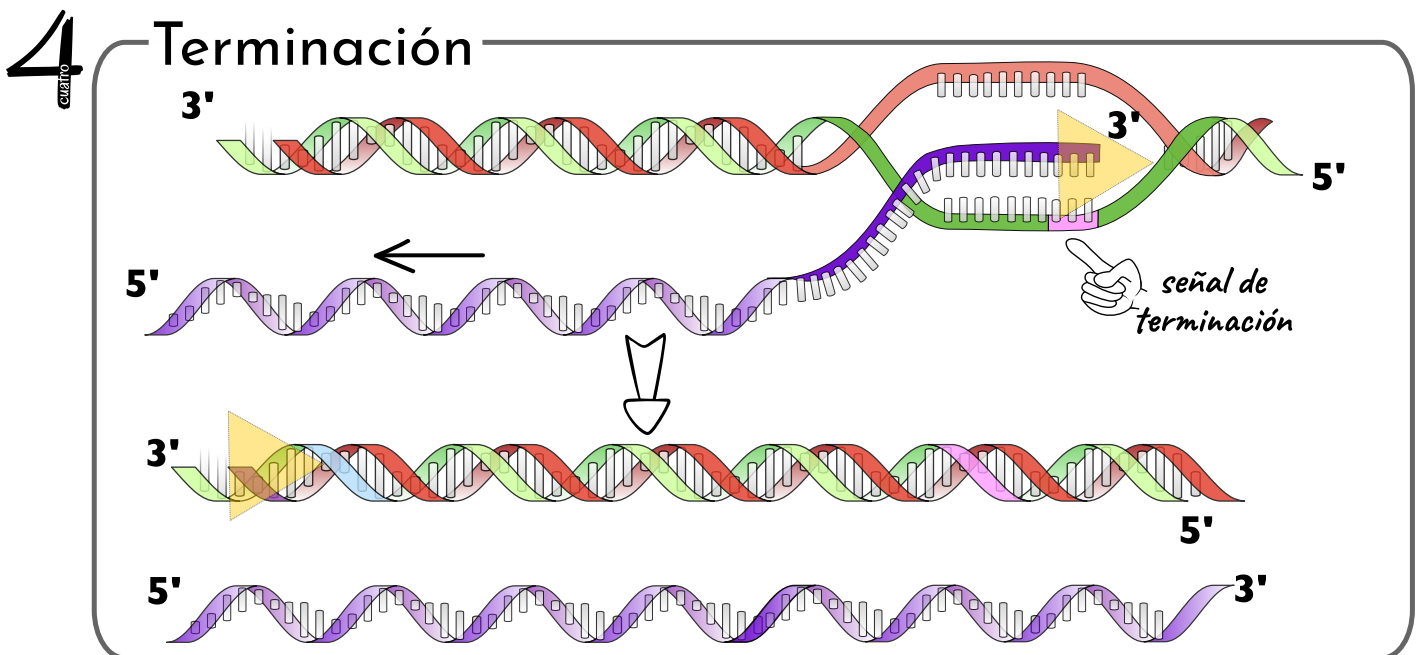
La elongación de la transcripción consiste en agregar ribonucleótidos de forma complementaria (recuerda $A=U$; $G=C$) a medida que la burbuja de replicación avanza, y se va formando una cadena de ARN que crece en sentido $5' \rightarrow 3'$ sobre cadena molde que tiene sentido $3' \rightarrow 5'$.



terminación de la transcripción

La terminación de la transcripción ocurre cuando la ARN polimerasa encuentra una secuencia de desoxirribonucleótidos en la cadena molde que le dice a la ARN polimerasa deje de sintetizar ARN. La secuencia de terminación depende del tipo de célula; por ejemplo, en células eucariotas suele ser $5'TTATT3'$ y en procariontas $5'GCGCAA3'$.

Al leer la secuencia de terminación, la ARN polimerasa libera al ARN por su extremo $3'OH$ de la cadena molde y la burbuja de transcripción se cierra.



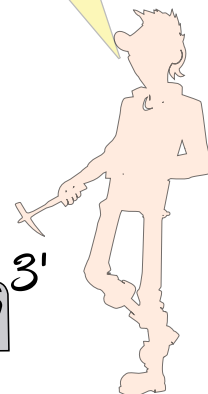
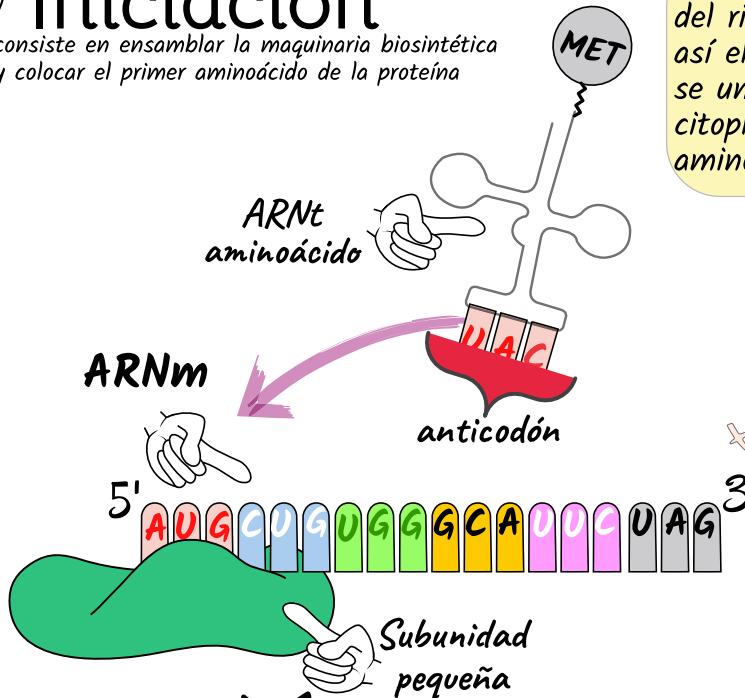
8 Traducción del ARNm

La traducción es la construcción de una secuencia de aminoácidos (polipéptido) con la información proporcionada por la molécula de ARNm. Dicho proceso ocurre en los ribosomas del citoplasma celular y se divide en tres etapas: iniciación, elongación y terminación

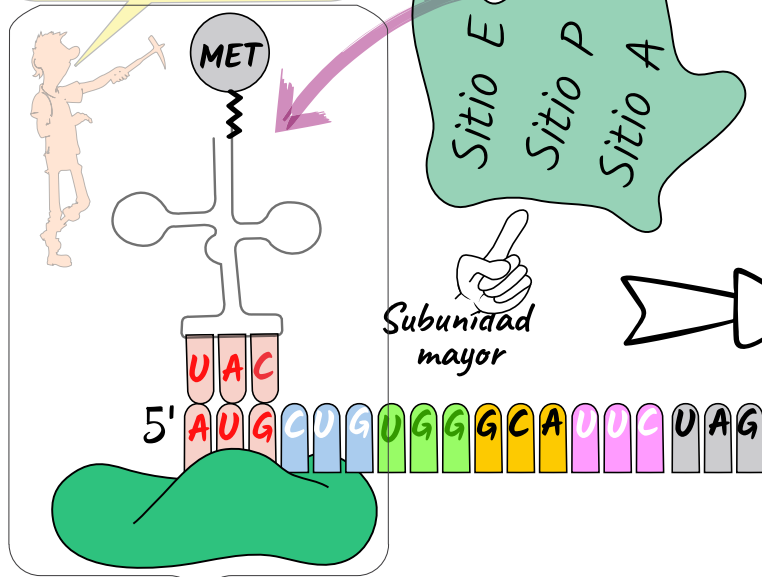
1 Iniciación

consiste en ensamblar la maquinaria biosintética y colocar el primer aminoácido de la proteína

El ARNm se une a la subunidad menor del ribosoma por el extremo 5' formando así el complejo ARNm-ribosoma. El ARNt se une a los aminoácidos esparcidos en el citoplasma formando el complejo ARNt-aminoácido (aminoacil-ARNt).

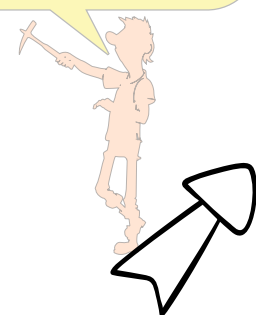
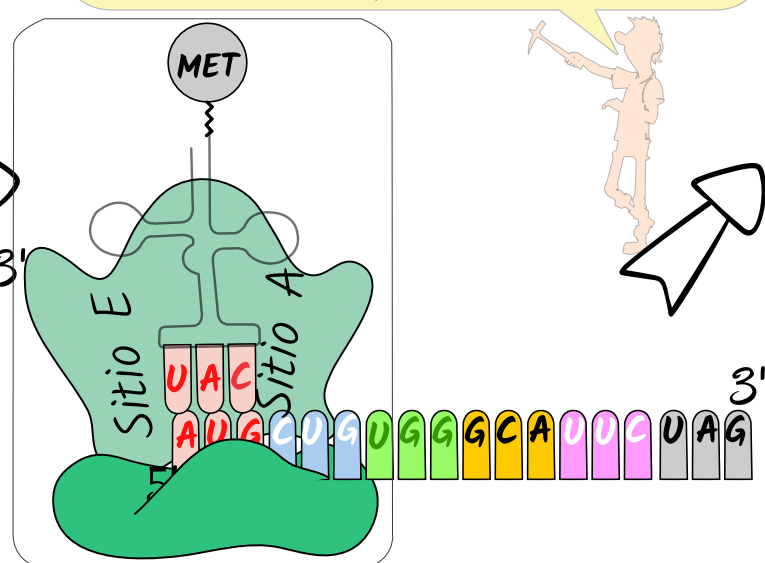


El ARNt-metionina se une al complejo ARNm-ribosoma. Esto provoca el efecto llamado



A continuación, la subunidad mayor se une al complejo ARNm-ribosoma formando el complejo activo o ribosomal. ¿Cómo se une? La subunidad mayor tiene tres huecos:

- Sitio P (sitio peptidil transferasa), lo ocupado el ARNt iniciador (ARNt- metionina) y el
- Sitio A (sitio aminoacil), que se encuentra libre para recibir un segundo ARNt-aminoácido
- Sitio E (sitio de expulsión)



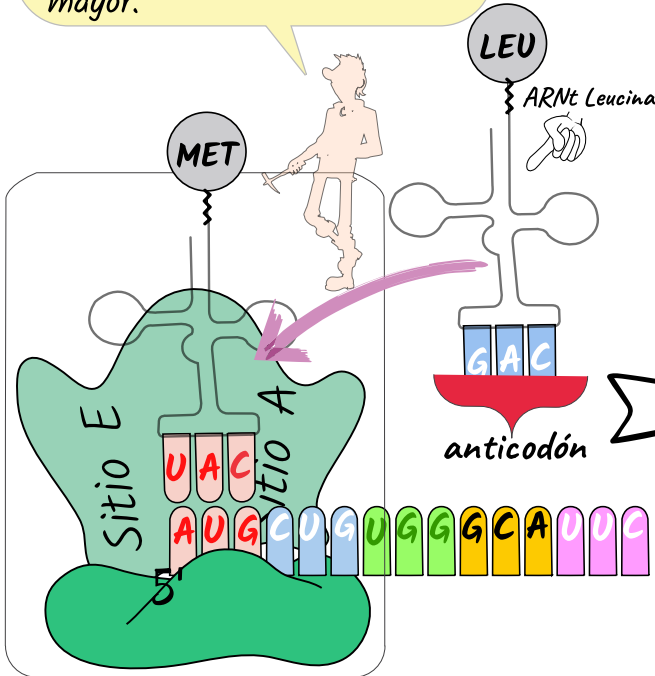
Complejo ARNm- ribosoma

Complejo activo o ribosomal

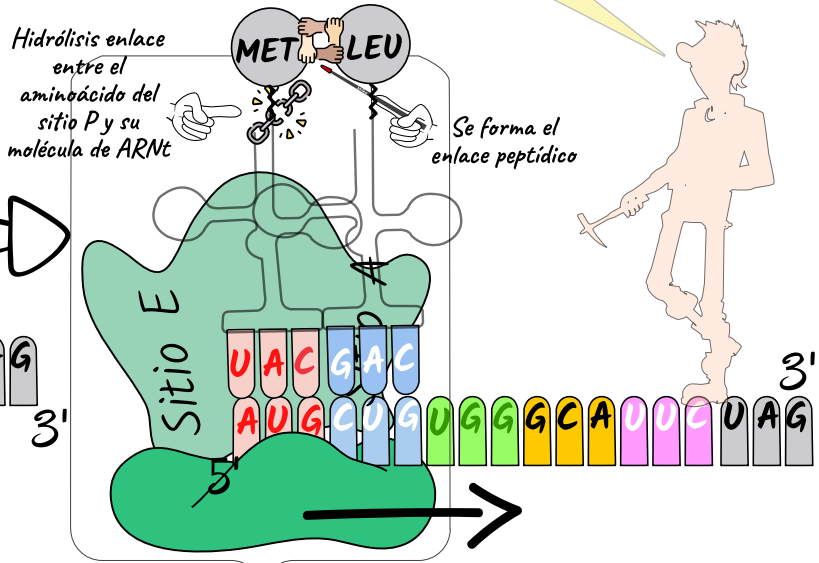
2 Elongación

consiste agregar una secuencia de aminoácidos en un orden (el que establezca el ARNm)

El ARNt se une al aminoácido leucina en el citoplasma y se forma ARNt-leucina su destino es el sitio A de la subunidad mayor.



El ARNt leucina ocupa el sitio A y el anticodón se une a sus bases complementarias. En ese preciso momento, ocurre simultáneamente (1) la rotura del enlace entre el aminoácido del sitio P y su molécula de ARNt y (2) se forma el enlace peptídico entre el aminoácido del sitio P y el aminoácido del sitio.

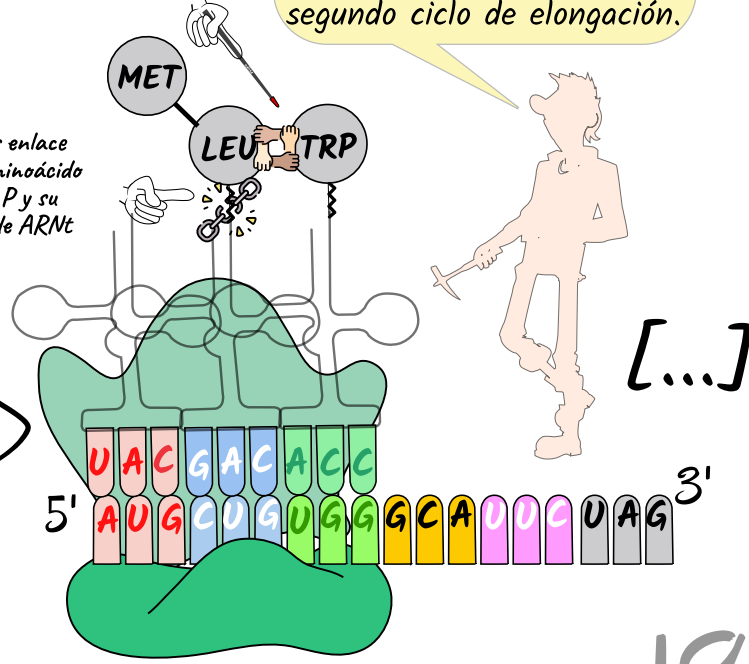
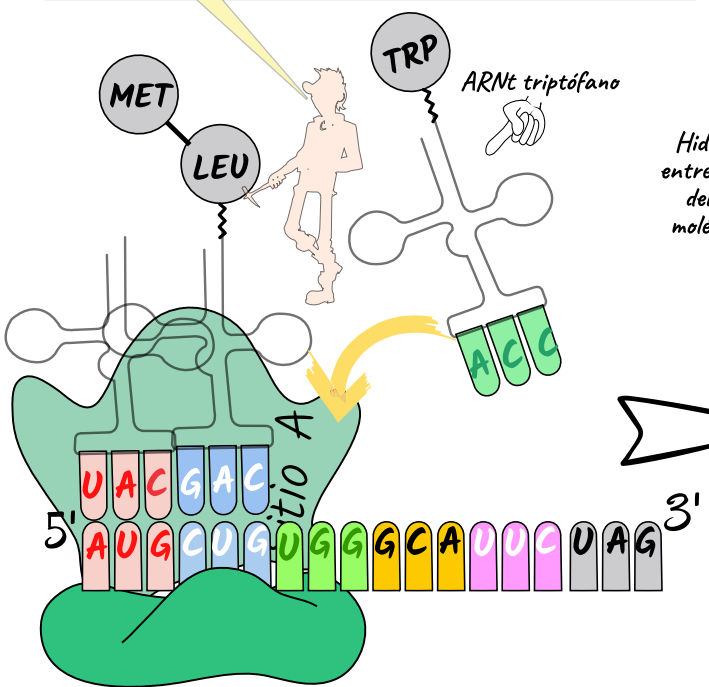


Complejo activo o ribosomal

Complejo activo o ribosomal

El complejo ARNm-ribosoma se desplaza en sentido 5→3', entonces el ARNt sin aminoácido pasa del sitio P al E, el ARNt-dipéptido pasa del sitio P dejando vacante el sitio A.

Un nuevo ARNt cargado con su aminoácido ingresa al sitio A, y se inicia así un segundo ciclo de elongación.



3 Terminación consiste despegar el polipéptido formado del complejo ribosoma y dearmar el complejo

Cuando el complejo ARNm-ribosoma lee un codón terminación (como UAG, UAA, UGA) indican el fin de la síntesis de polipéptidos

El polipéptido formado se libera del complejo ARNt ribosomal

