

MICROBIOLOGÍA

UNIDAD IX CONCEPTOS BÁSICOS DE BIOLOGÍA MOLECULAR Y GENÉTICA BACTERIANA

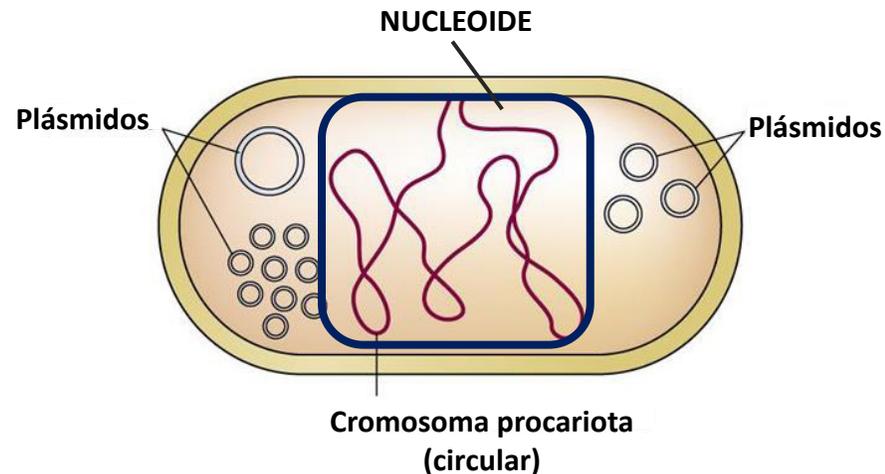
Replicación del ADN y control del ciclo celular en procariontes. Recombinación: principios generales. Mecanismos de regulación de la expresión génica. Estructura del operón, la unidad transcripcional en procariontes. Transcripción. Maduración del ARN. Regulación transcripcional. Control positivo y control negativo. Regulación post-transcripcional. Traducción. Selección de mutantes procariontes resistentes a antibióticos. Otros elementos genéticos: Plásmidos, transposones, virus bacterianos (bacteriófagos) y de arqueas. Mutaciones procariontes. Bases moleculares de la mutación. Mutaciones espontáneas o inducidas. Tipos de mutágenos. Estudios de mutagenicidad. Los elementos transponibles como agentes causantes de mutaciones. Recombinación genética en procariontes. Transferencia horizontal de genes en procariontes: transformación, conjugación y transducción.

ORGANIZACIÓN DEL ADN EN LAS CÉLULAS MICROBIANAS



- ❖ En todas las células los procesos vitales están controlados por su conjunto de genes, es decir, por su genoma.
- ❖ Un gen puede ser definido como un segmento de ADN que codifica una molécula de ARN o de proteína.

Un procariota típico posee 1 solo cromosoma circular que contiene todos (o prácticamente todos) los genes de la célula.

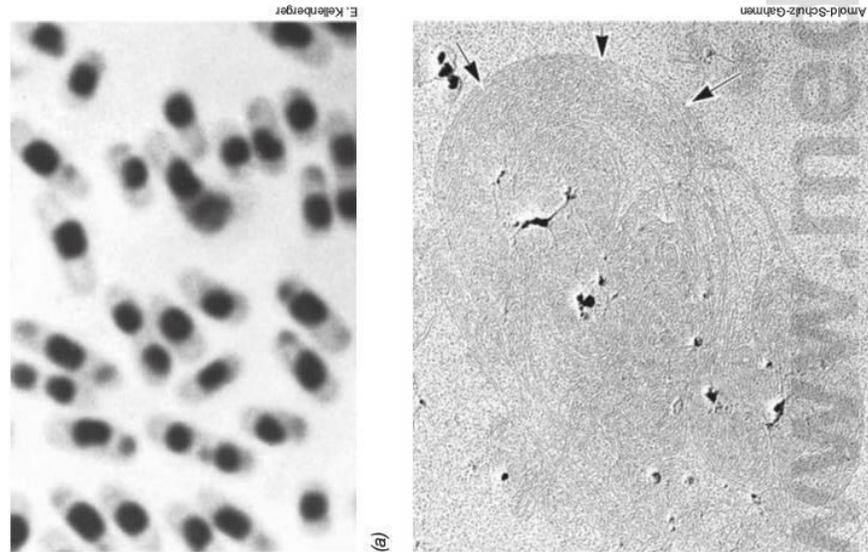


Algunos procariotas contienen 2 cromosomas

NÚCLEO vs NUCLEOIDE



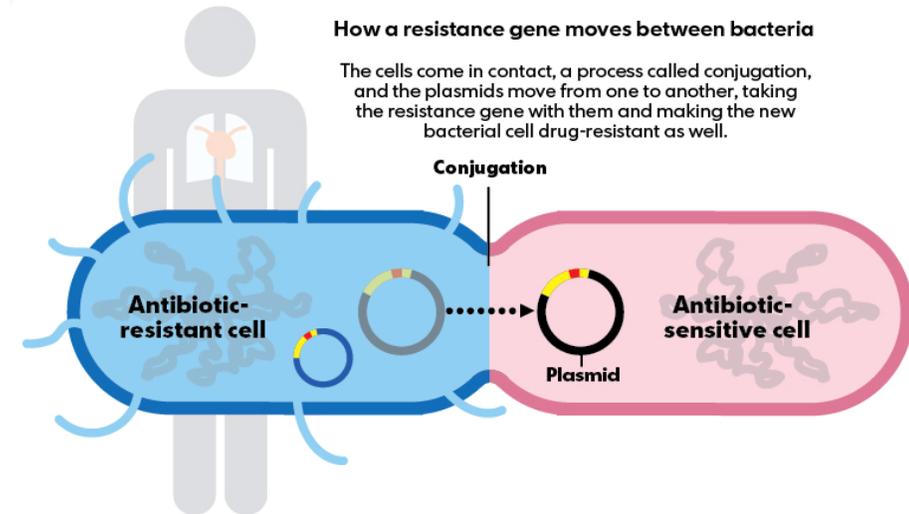
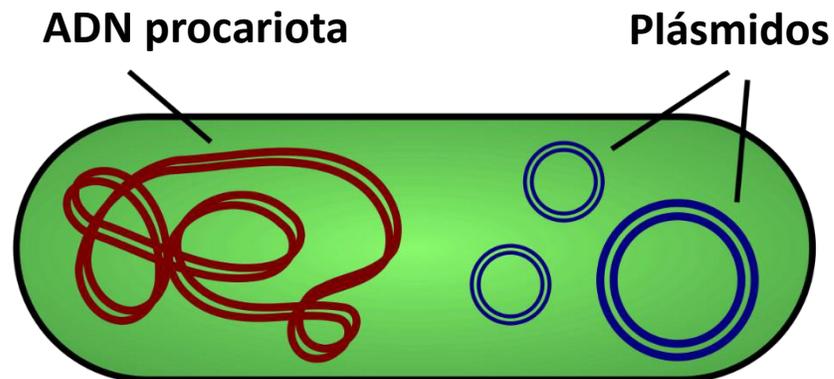
- ❖ Los genomas presentan una organización diferente en células procariotas y en células eucariotas.
- ❖ En las procariotas, el ADN se presenta como una larga molécula de 2 cadenas llamada cromosoma que se condensa en una masa visible por microscopía electrónica llamada nucleoide.
- ❖ En la mayoría de los procariotas el nucleoide está covalentemente cerrado y es circular.



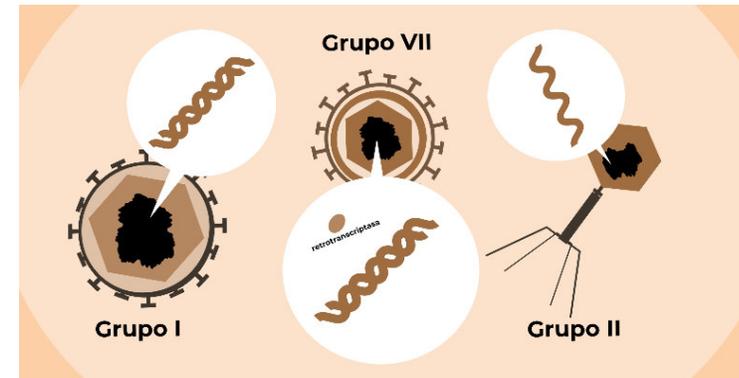
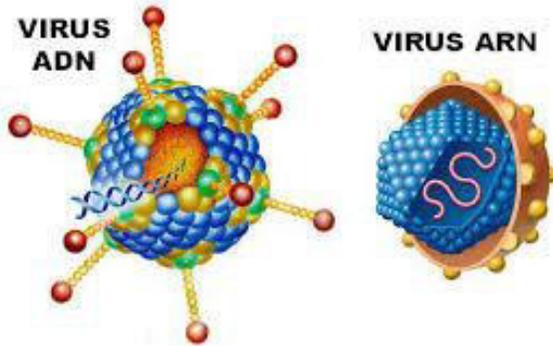
Por lo general, las células procariotas tienen un cromosoma único.

1 sola copia de cada gen y por consiguiente son genéticamente HAPLOIDES

- ❖ Muchos procariontes contienen también pequeñas cantidades de ADN extracromosómico, dispuesto habitualmente de modo circular, que constituyen los **PLÁSMIDOS**.
- ❖ Los plásmidos suelen contener genes que confieren propiedades especiales a las células (como propiedades metabólicas singulares).
- ❖ Por el contrario, **NO LLEVAN** los genes **ESENCIALES** que se requieren básicamente para la supervivencia y que se localizan en el cromosoma.

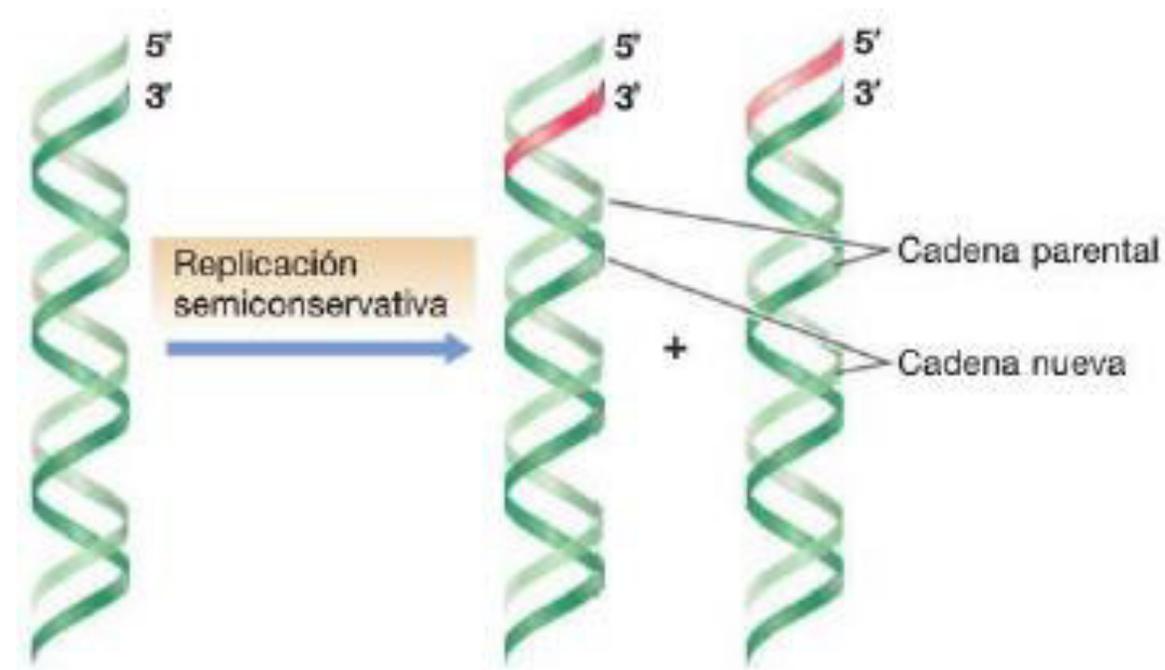


- ❖ Además del cromosoma, se conocen otros elementos genéticos.
- ❖ Como los genomas víricos, los plásmidos, los genomas de los orgánulos y los elementos transponibles.
- ❖ Los virus contienen genomas, de ADN o ARN, que controlan su propia replicación y su transferencia de célula a célula.
- ❖ Se conocen genomas víricos lineales y circulares.
- ❖ Además, el ácido nucleico en los genomas víricos pueden ser de cadena SENCILLA o de cadena DOBLE.



Los plásmidos son elementos genéticos que se replican independientemente del cromosoma. La inmensa mayoría de plásmidos son ADN de DOBLE CADENA y aunque casi todos ellos son circulares, hay algunos lineales.

El ADN existe en las células en forma de doble hélice con apareamiento de bases complementarias. Si la doble hélice de ADN se abre, se puede sintetizar una nueva cadena como complemento de cada una de las cadenas parentales.

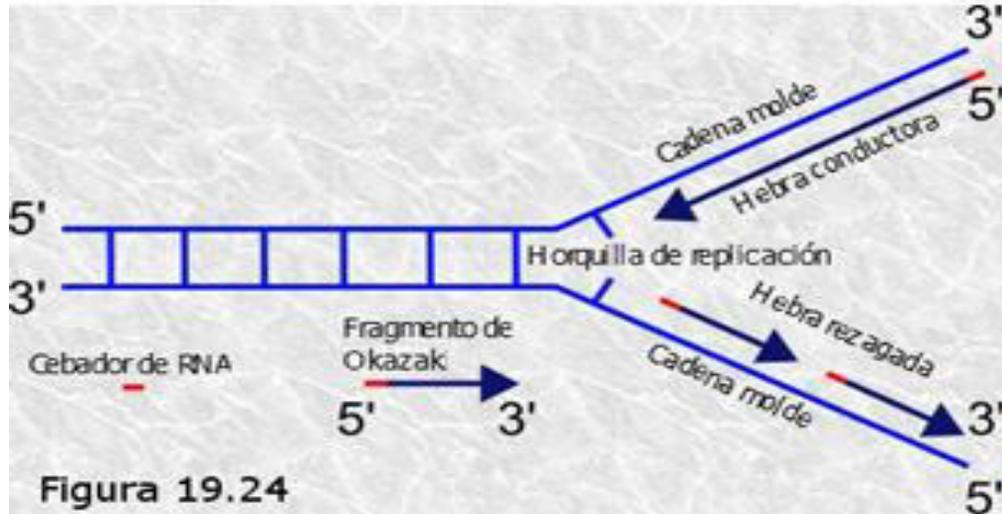


La replicación es SEMICONSERVATIVA, lo que significa que las 2 DOBLES HÉLICES resultantes consisten en UNA CADENA NUEVA y UNA CADENA PARENTAL

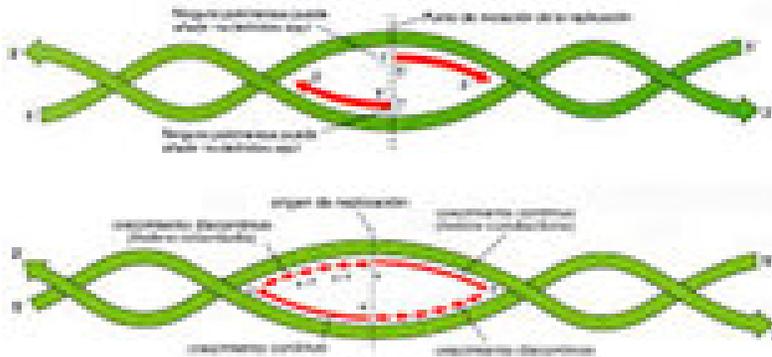
Duplicación del ADN *in vivo*



La replicación es **BIDIRECCIONAL**, pero a distintos ritmos



Secuencias de ADN generadas en la síntesis discontinua de una de las hebras



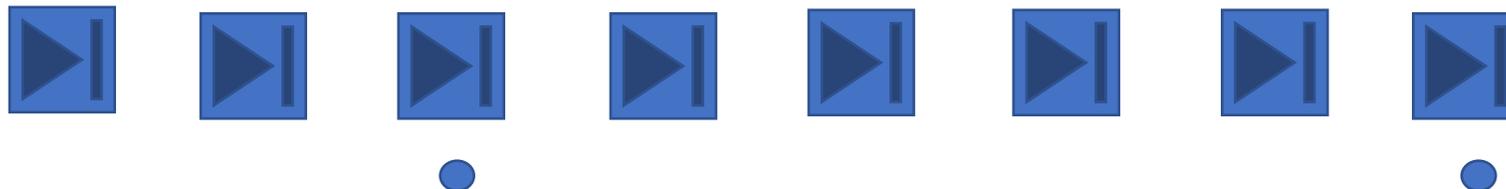
Lugar donde se inicia la **REPLICACIÓN** de la cadenas de ADN

Duplicación del ADN *in vivo*



ENZIMAS

- ✓ **HELICASA:** Rompe Ptes H₂
- ✓ **TOPOISOMERASA:** Elimina tensiones y superenrollamientos
- ✓ **RNA PRIMASA:** Síntesis de cebador: ARN
- ✓ **DNA POLIMERASA III:** Síntesis de ADN
- ✓ **DNA POLIMERASA I:** Reparadora y sustituye el cebador
- ✓ **LIGASA:** Une los fragmentos de Okasaki



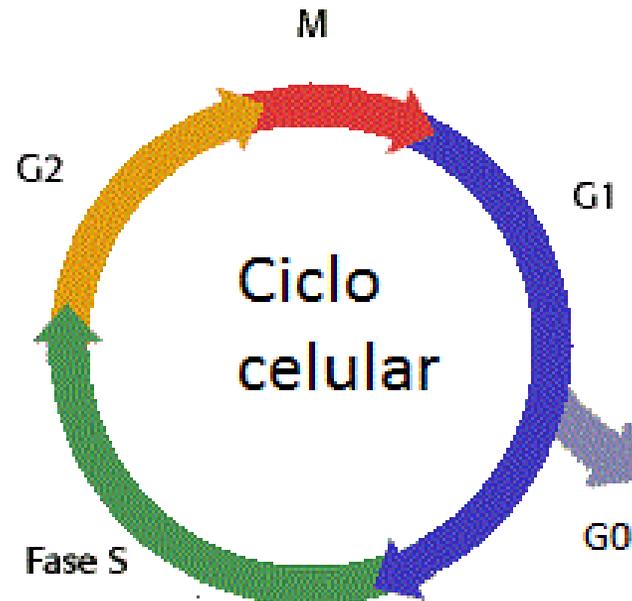


CICLO CELULAR

Secuencia de acontecimientos interconectados que comienza con la formación de una nueva célula y termina cuando dicha célula se divide en otras dos hijas.

Los ciclos celulares se describen generalmente atendiendo a una serie de eventos identificables que se van produciendo en una secuencia fija, de modo que para que se produzca cada uno de ellos hace falta que se complete el anterior.

EUCARIÓTICO

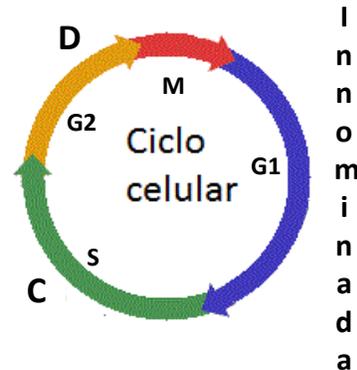


CICLO CELULAR PROCARIÓTICO



FASES:

- ❖ Fase C o de síntesis del ADN (equivalente a la S eucariótica): replicación del ADN cromosómico;
- ❖ Fase D (equivalente a G2 + M): se distingue porque su terminación coincide con el final de división celular;
- ❖ Fase INNOMINADA, equivalente a la G1 eucariótica.



Lo característico del ciclo es que las FASES C y D son relativamente CONSTANTES, y por lo tanto, cuando disminuye el tiempo de generación (g) lo hace a expensas de la fase INNOMINADA (G1).

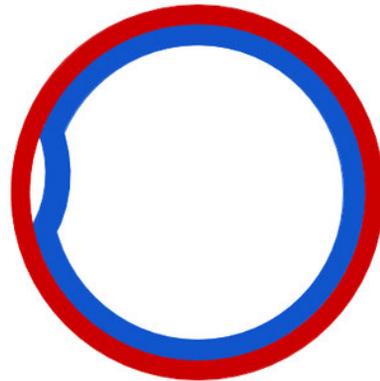
Por ej. en *E. coli*, C = unos 40 min, y D = unos 20 min.



CICLO PROCARIOTICO



- ❖ Antiguamente se pensaba que los ciclos procariotas carecían de eventos clave dado que no hay mitosis y la síntesis de ADN parecía continua durante todo el ciclo
- ❖ Cuanto más rico es un medio , el tiempo de generación es menor y mayor es el tamaño medio de las células
- ❖ Si se inocula una célula cultivada en un medio pobre ($g = C+D = 60$ min) a un medio más rico ($g = 35$ min) se observa que la 1ra división ocurre a los 60 min idéntico al medio anterior , pero el inicio de una nueva ronda de replicación ocurre antes ($C+D$ se superponen) y se obtiene un tamaño mayor que en el medio pobre y una masa de inicio mayor.
- ❖ Es decir, los individuos de una cepa procariota que esté en un medio rico son más grandes que los individuos de esa misma cepa creciendo en un medio pobre.





CICLO CELULAR EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE GENERACIÓN

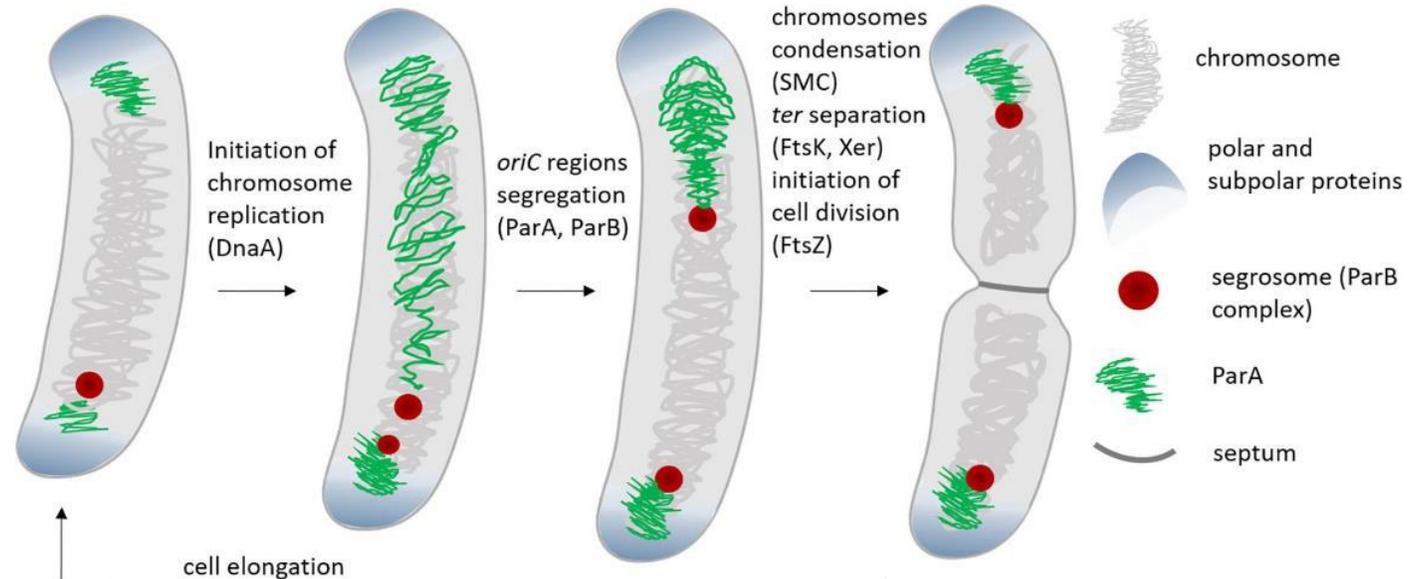


Ciclo celular de *E. coli* a distintos tiempos de generación

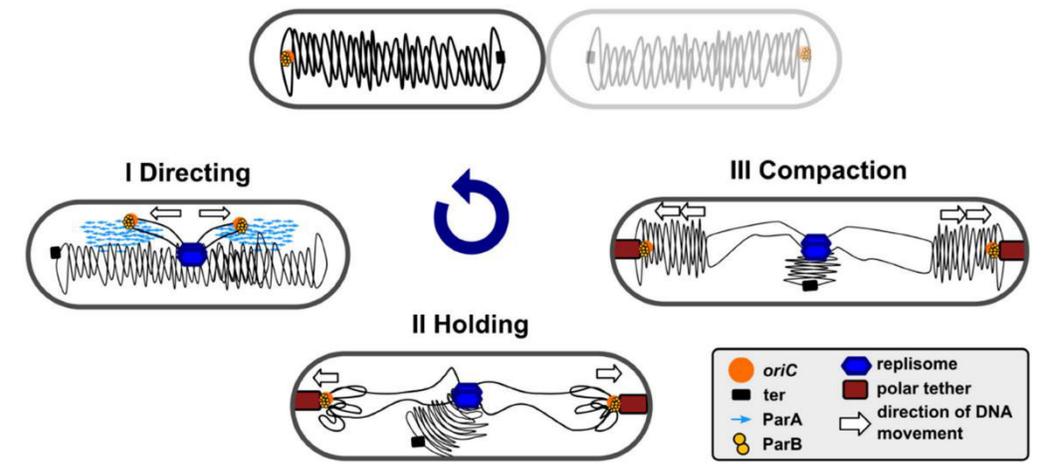
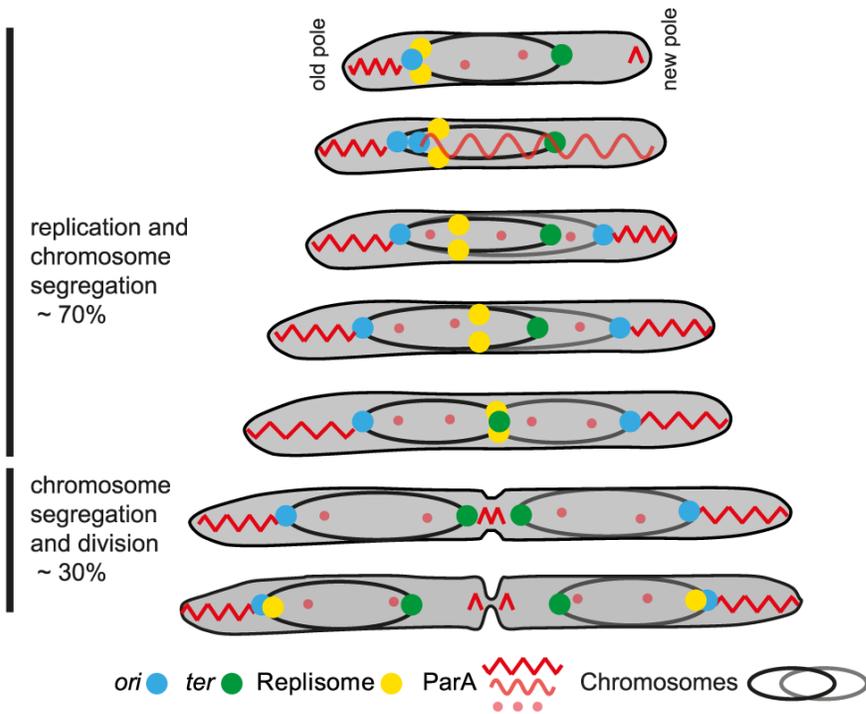
$g > C+D$	EXISTE fase "G₁" (intervalo que precede a la replicación). En estas condiciones podemos observar nítidamente periodos diferenciados entre sí (de síntesis de ADN y de división celular).
$g = C+D$	NO EXISTE G₁, y cada ronda de replicación comienza inmediatamente tras la precedente división celular (es decir, cada célula hija recién nacida se embarca inmediatamente en replicar el cromosoma, y una vez que ha terminado de replicarlo, la célula inicia la división celular).
$g < C+D$	Las rondas de replicación de un ciclo se inician antes de que haya terminado la división celular del anterior (superposición parcial entre fases C y D).
$g < C$	NO se puede detectar fase D como tal. La síntesis de ADN es continua durante todo el ciclo. Se inician rondas de replicación cromosómica antes de que haya terminado la anterior. Esto se traduce en que los cromosomas muestran un típico patrón de replicación dicotómica y en que dichos cromosomas pasan a cada célula hija ya embarcados en una nueva ronda de replicación.

CONTROL DEL CICLO CELULAR

- ❖ Debe de existir algún tipo de acoplamiento entre las fases de replicación y la división celular.
- ❖ Las copias de cromosomas recién replicadas se encuentran en principio adyacentes a la membrana citoplásmica, unidas a sendos mesosomas, probablemente a través de sus respectivos orígenes de replicación (*oriC*).
- ❖ Las copias se van separando de modo que cada una va a parar a una célula hija.
- ❖ En este reparto o partición de los cromosomas intervienen varias proteínas, ParA y ParB, que se sitúan en los polos opuestos.
- ❖ Es posible que exista algún mecanismo “activo” para separar estos cromosomas, pero parece ser que también intervienen los mecanismos “pasivos” de crecimiento de membrana y pared celular en el tabique transversal en crecimiento.

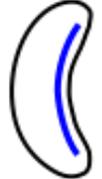


- ❖ Una vez que se ha iniciado una ronda de replicación en *oriC*, esta región queda hemimetilada, pero en vez de ser metilada inmediatamente, queda secuestrada u oculta a efectos de la metilasa Dam y de la maquinaria de replicación.
- ❖ En este fenómeno está implicada una proteína (*SeqA*), que a su vez ayudaría a esconder a *oriC* en la membrana.
- ❖ Más tarde (y por factores desconocidos, pero que puede que tengan que ver con la proporción entre sitios de inicio y algún parámetro celular como masa o volumen), vuelven a quedar las secuencias *oriC* disponibles para su metalación y uso en una nueva ronda.



El comienzo de la TABICACIÓN requiere 2 señales:

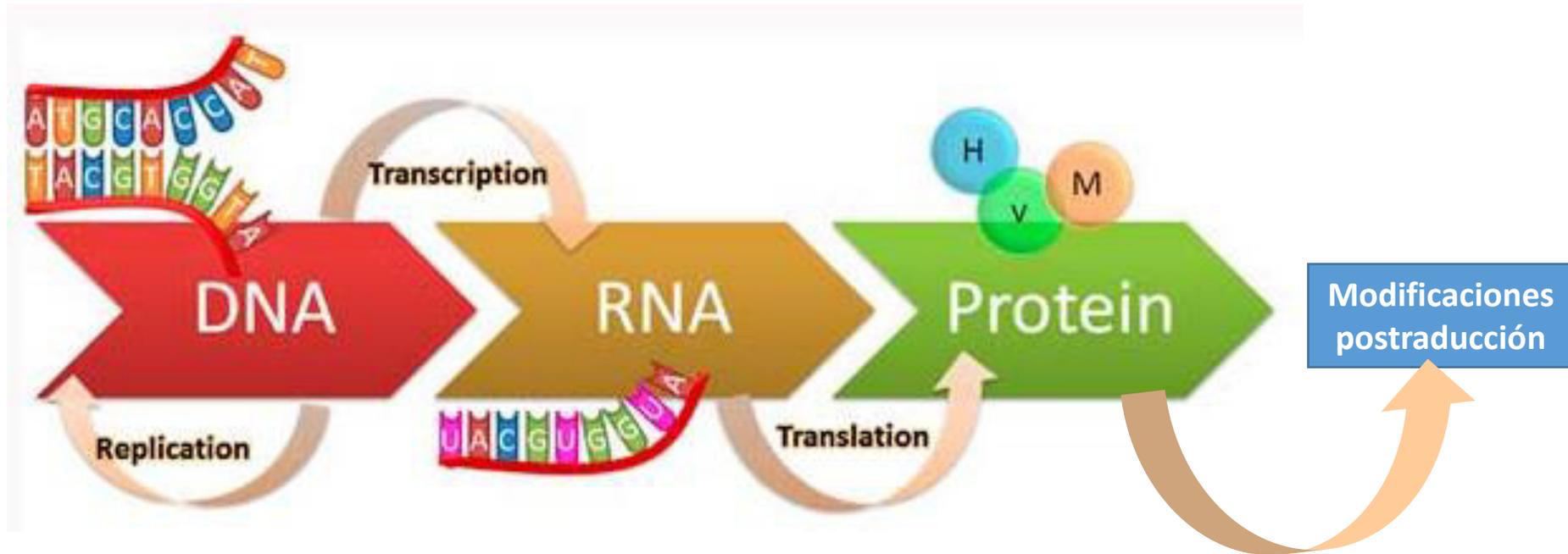
- ✓ Por un lado, el cromosoma ha debido terminar su replicación y las copias hijas deben de estar separadas en extremos opuestos.
 - ✓ Por otro lado, la célula debe haber alcanzado una longitud umbral.
-
- ❖ La proteína FtsZ (diseminada por toda la célula), se concentra ahora en la parte central, señalando el plano de la tabicación: se forma un “anillo citocinético” o divisoma, en el que la FtsZ se va “contrayendo” hacia el interior (hidrolizando GTP hasta GDP).
 - ❖ Luego se van ensamblando en el divisoma varias proteínas Fts, que va produciendo peptidoglucano en el septo transversal.
 - ❖ La terminación del tabique señala el final del ciclo celular.

	División	Polaridad	Forma
Eucariotas	Tubulina	Actina	Filamentos intermedios
Procariotas	FtsZ	MreB	CreS
<i>Caulobacter</i>			

SÍNTESIS DE PROTEÍNAS

Proceso anabólico mediante el cual se forman las proteínas

EXPRESIÓN DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN LOS GENES DE UNA CÉLULA

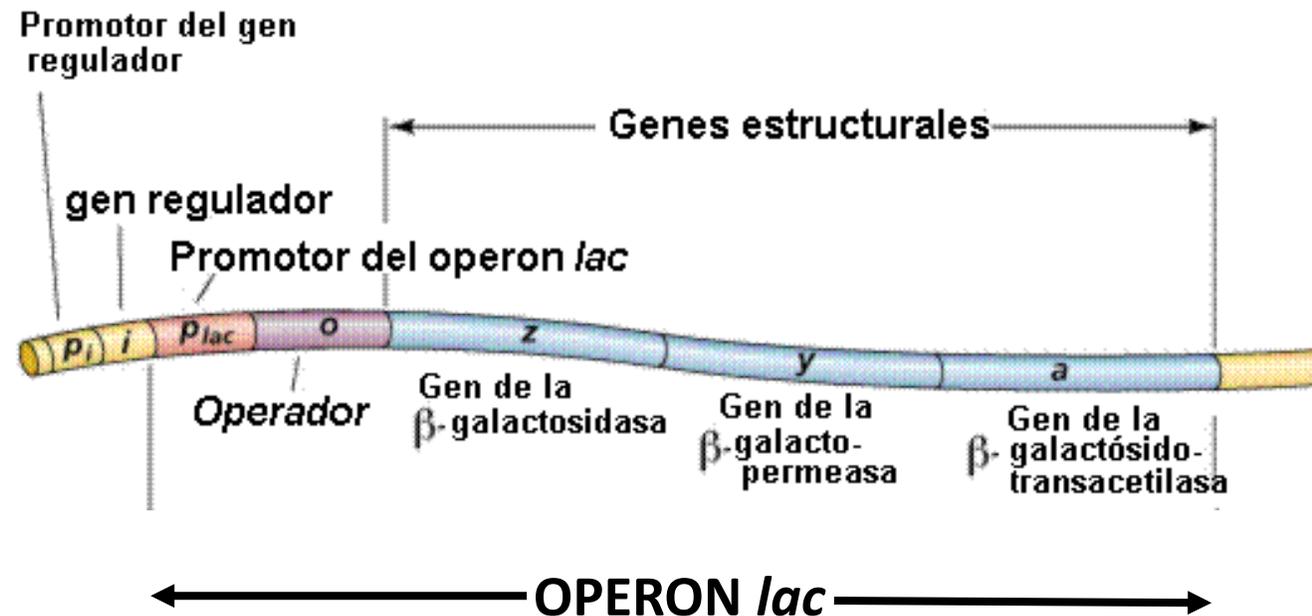


GENES

Es una unidad de Transcripción, es decir una región del ADN que se transcribe a un ARNm y después se traduce a proteína.

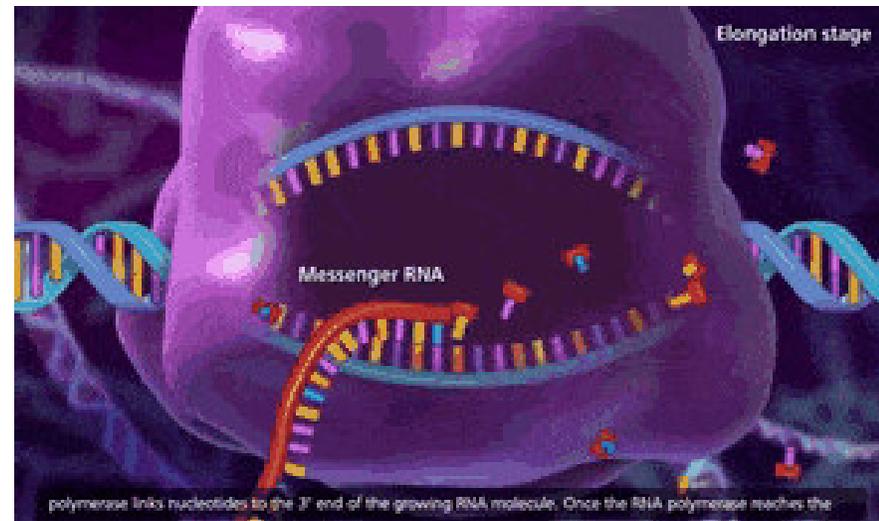
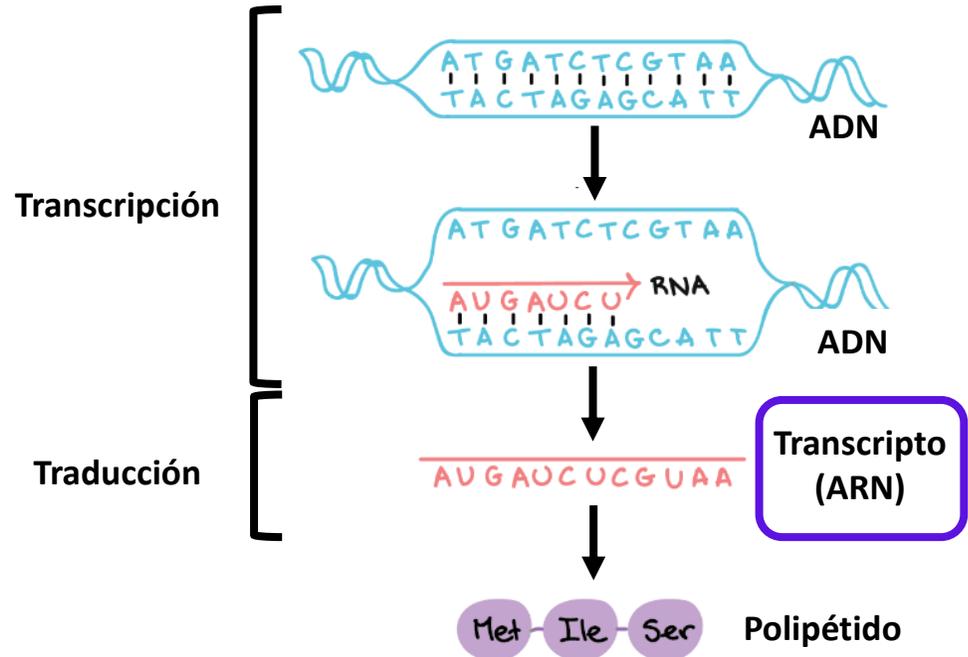
OPERON

Conjunto de genes contiguos de un ARNm + elementos reguladores que controlan su expresión

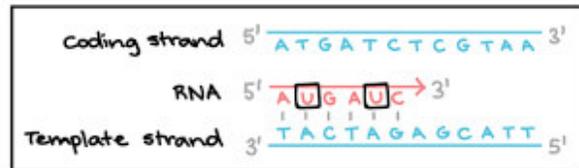
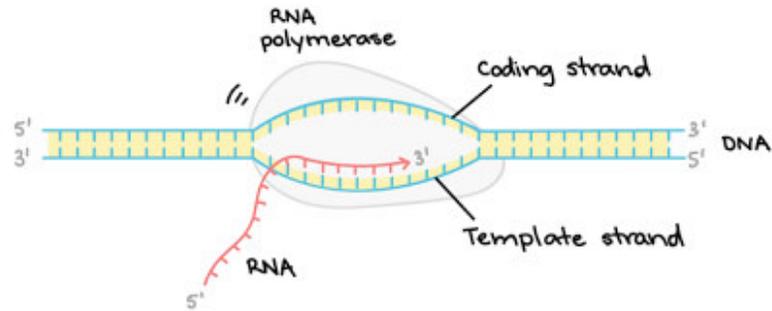




- ❖ Se puede controlar a nivel TRANSCRIPCIONAL, a nivel TRADUCCIONAL o, en ocasiones, por DEGRADACIÓN de la proteína.
- ❖ El control a nivel TRANSCRIPCIONAL es el principal medio de regulación en procariontas.



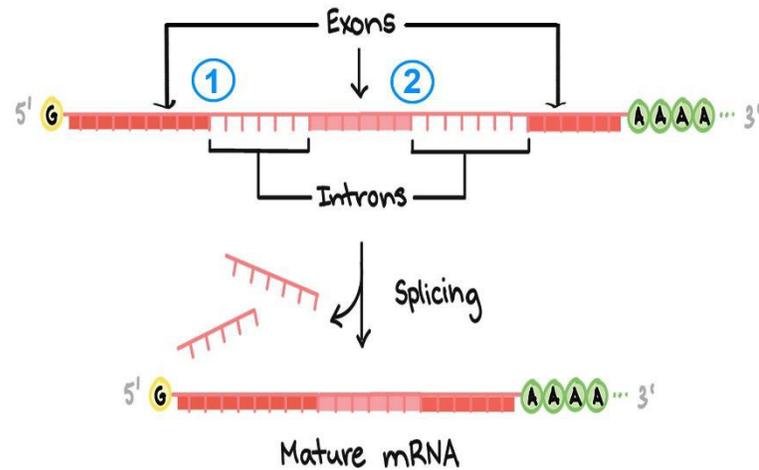
- ❖ La vida media de un ARNm típico en procariontas es corta, de algunos minutos.
- ❖ Hay beneficios al **ELIMINAR** rápidamente los ARNm cuando ya **NO SON** necesarios, ya que esto evita la producción de proteínas innecesarias.
- ❖ En la célula en crecimiento, la **TRANSCRIPCIÓN** y la **DEGRADACIÓN** del ARNm son, por tanto, procesos **COEXISTENTES**.
- ❖ Para que un gen sea **TRANSCRITO**, la ARN-polimerasa debe reconocer un **PROMOTOR** específico en el ADN.



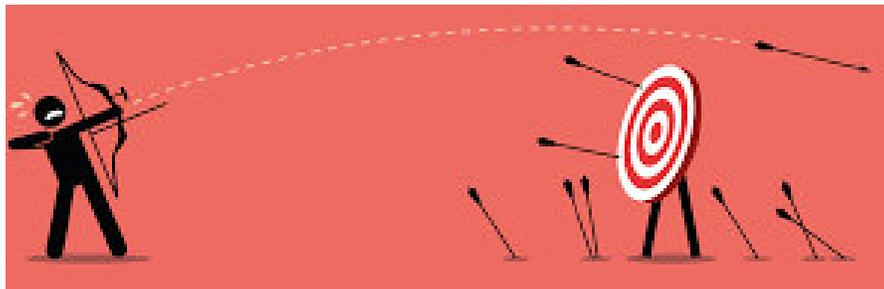
MADURACIÓN DEL ARN



- ❖ El proceso de MADURACIÓN NO es NECESARIO para sintetizar todos los tipos de ARN.
- ❖ En procariotas, el ARNm recién formado YA PUEDE UTILIZARSE para sintetizar proteínas en el proceso de traducción.
- ❖ En cambio, el ARN que se ha transcrito (ARN transcrito primario) que originará los ARNt y ARNr tienen que tener un proceso de MADURACIÓN antes de ser funcionales.
- ❖ Se cortan y unen fragmentos hasta obtener el ARN definitivo.
- ❖ NO SE LE QUITAN INTRONES.



En la transcripción también se producen errores (1 cada 10.000-100.000 nucleótidos), más que durante la replicación del ADN, pero NO son tan importantes porque NO SE TRANSMITEN a la descendencia.

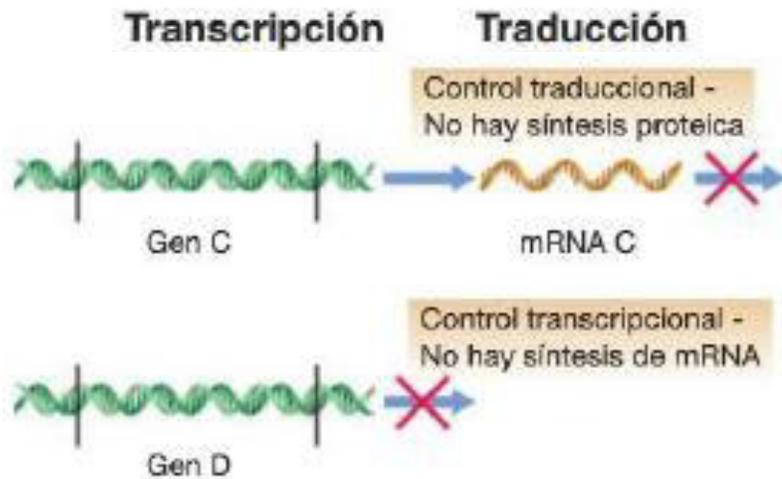
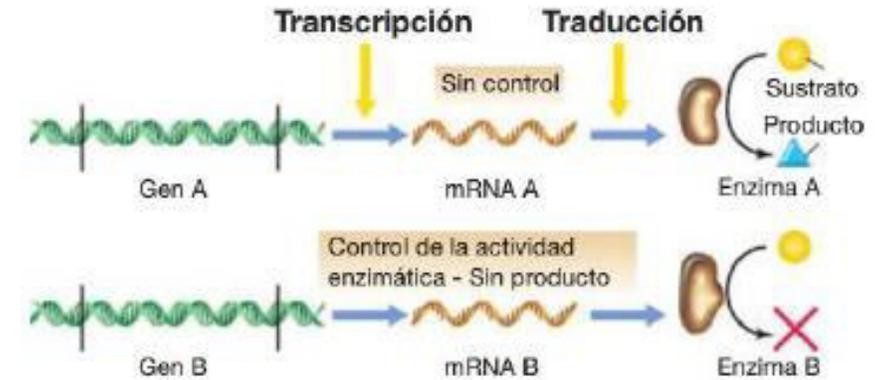


MECANISMOS DE REGULACIÓN DE LA EXPRESIÓN GÉNICA

Procesos que afectan la acción de un gen a nivel de TRANSCRIPCIÓN o TRADUCCIÓN, regulando sus productos finales.

La regulación se realiza a 2 niveles principales en la célula

- I. Se controla la **ACTIVIDAD** de las enzimas preexistentes.
La actividad de una proteína se puede regular **SÓLO DESPUÉS** de haber sido sintetizada (a nivel **POSTRADUCCIONAL**).



- II. Por otra parte, la cantidad de proteína sintetizada se puede regular tanto a nivel de la **TRASCIPCIÓN**, variando la cantidad de ARNm sintetizado, o a nivel de la **TRADUCCIÓN**, traduciendo o **NO** el ARNm.



EXPRESIÓN GÉNICA

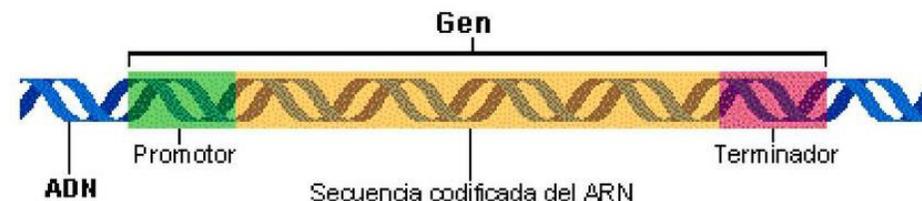


Para organizar eficientemente las numerosas reacciones que ocurren en una célula y hacer el mejor uso de los recursos disponibles, las células necesitan regular los tipos y las cantidades de macromoléculas que generan

- ❖ Hay proteínas y moléculas de ARN que son necesarias en las células en aproximadamente igual cantidad en CUALQUIER CONDICIÓN de crecimiento.
- ❖ La expresión de estas moléculas se denomina CONSTITUTIVA.
- ❖ No obstante, es más común que una determinada macromolécula sea necesaria en DETERMINADAS CONDICIONES pero NO EN OTRAS.

GENES CONSTITUTIVOS

- Se expresan a nivel CONSTANTE.
- El producto de su expresión son moléculas necesarias de forma continua en TODOS los momentos de existencia del microorganismo.



GENES REGULABLES:

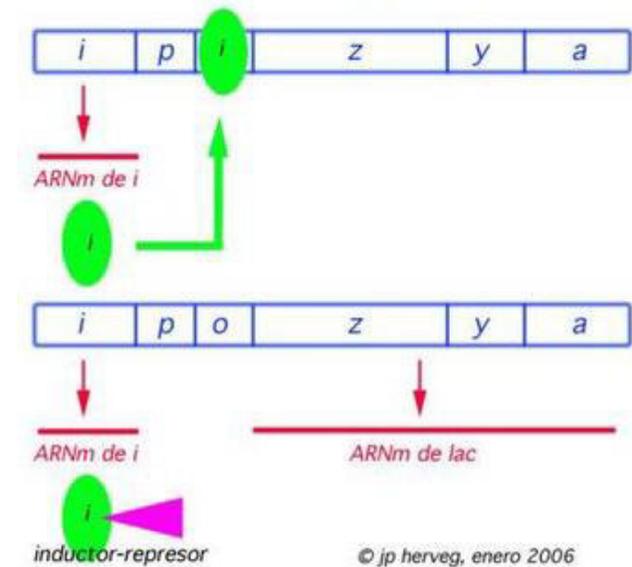


- ❖ INDUCIBLES o REPRIMIBLES en respuesta a condiciones ambientales.
- ❖ Genes que dependiendo de la situación, SE TRANSCRIBEN mucho, poco o nada.
- ❖ Su EXPRESIÓN es REGULABLE.

Esta regulación se hace por:

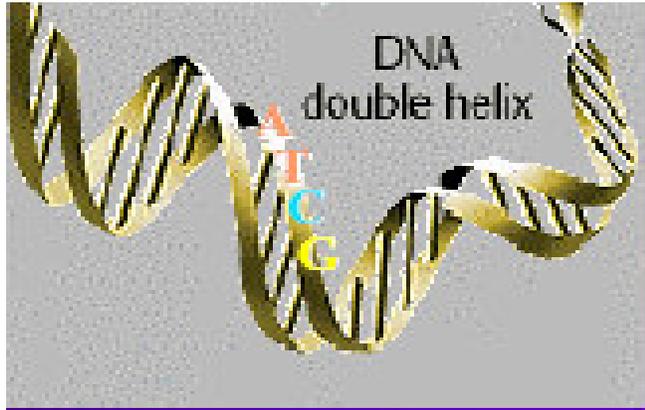
ADAPTABILIDAD: Los microorganismos unicelulares, al interactuar directamente con el medio, responden a diferentes medios de crecimiento, ya que la supervivencia celular depende de su capacidad de adaptación a diferentes circunstancias ambientales.

ECONOMIA: Un microorganismo no sintetiza más que aquello que necesita y en las cantidades que necesita.



Ej.: Una bacteria crece en un medio con lactosa, la utiliza como fuente de C, sintetizando así la EZ que metaboliza esa lactosa, pero NO sintetizará la EZ en ausencia de ST.

GENES REGULABLES

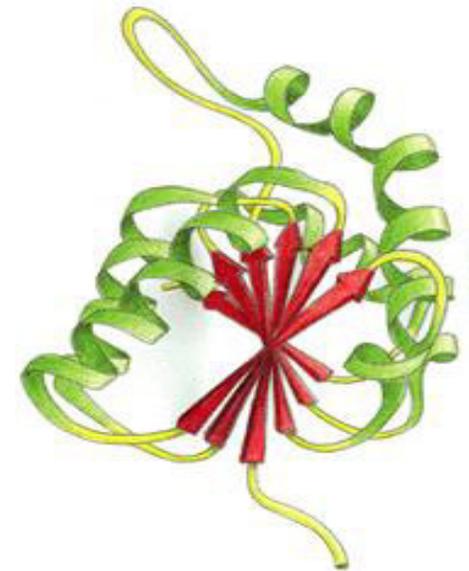


ADN

TRANSCRIPCIÓN

ARNm

TRADUCCIÓN

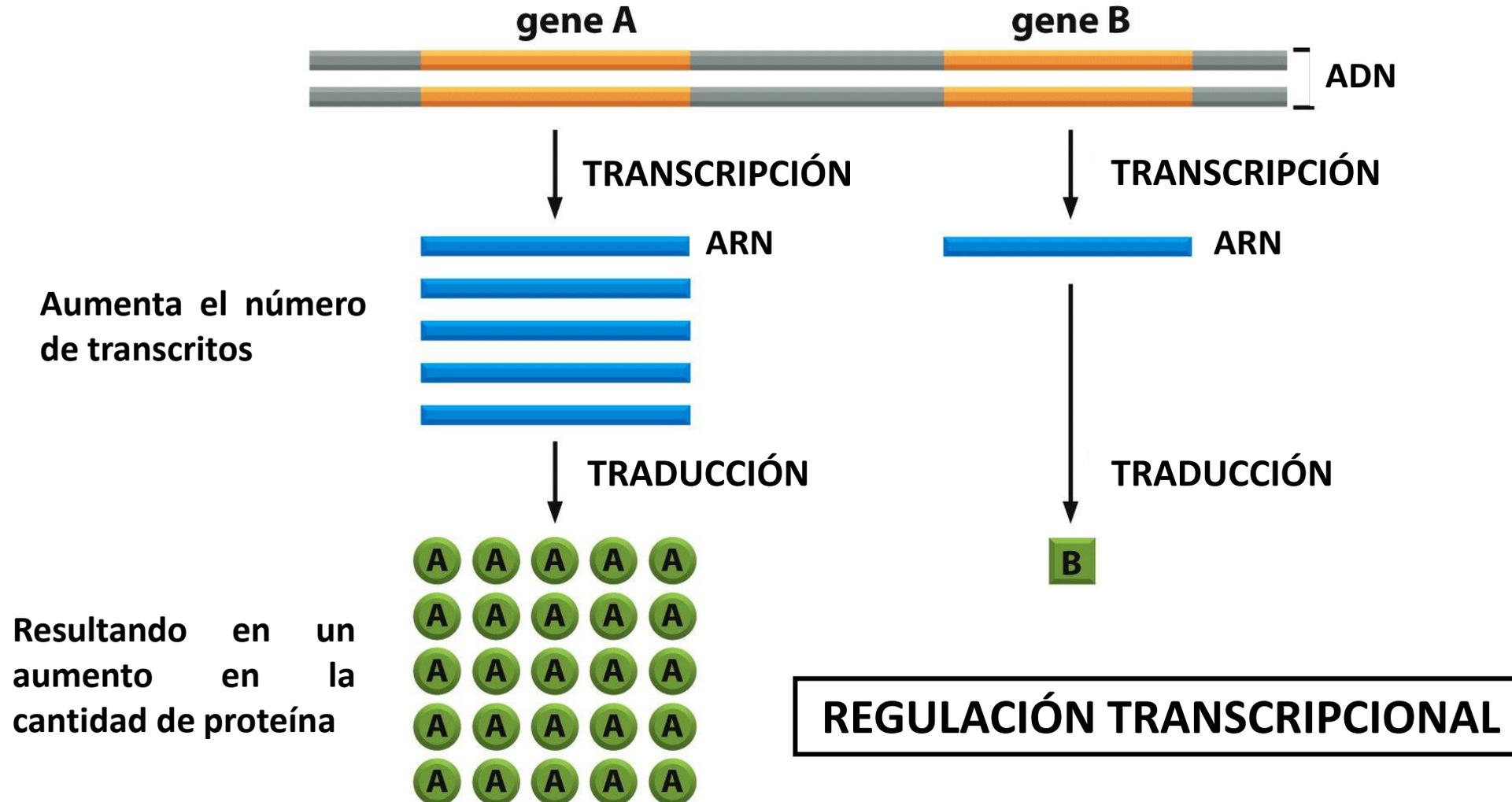


PROTEÍNA

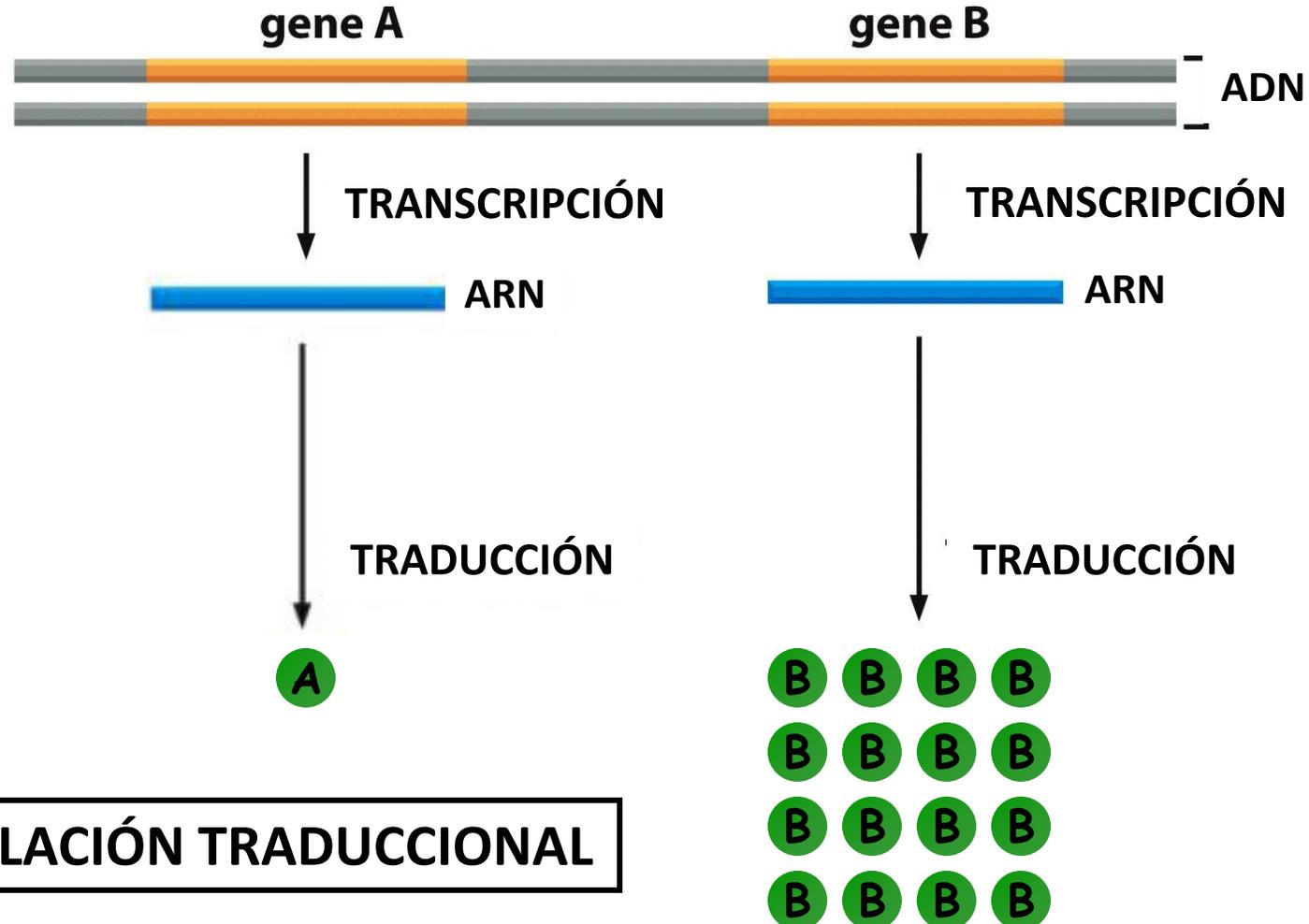
Regulación a nivel de:

- Transcripción
- Traducción

LOS GENES SE EXPRESAN CON DIFERENTE EFICIENCIA Y SE REGULAN POR DISTINTOS MECANISMOS

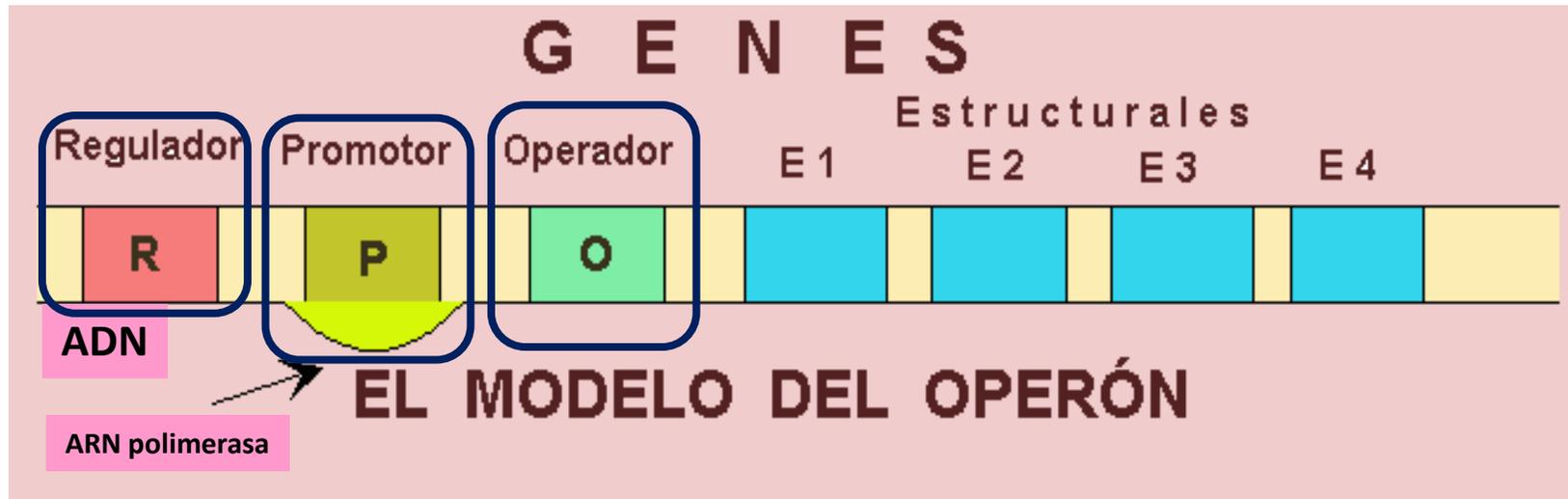


LOS GENES SE EXPRESAN CON DIFERENTE EFICIENCIA Y SE REGULAN POR DISTINTOS MECANISMOS



En bacterias los genes están organizados en OPERONES por lo que la EXPRESIÓN es coordinada

Un operón es un conjunto de genes, localizados consecutivamente en el ADN, que obedece a las mismas señales de encendido o apagado.

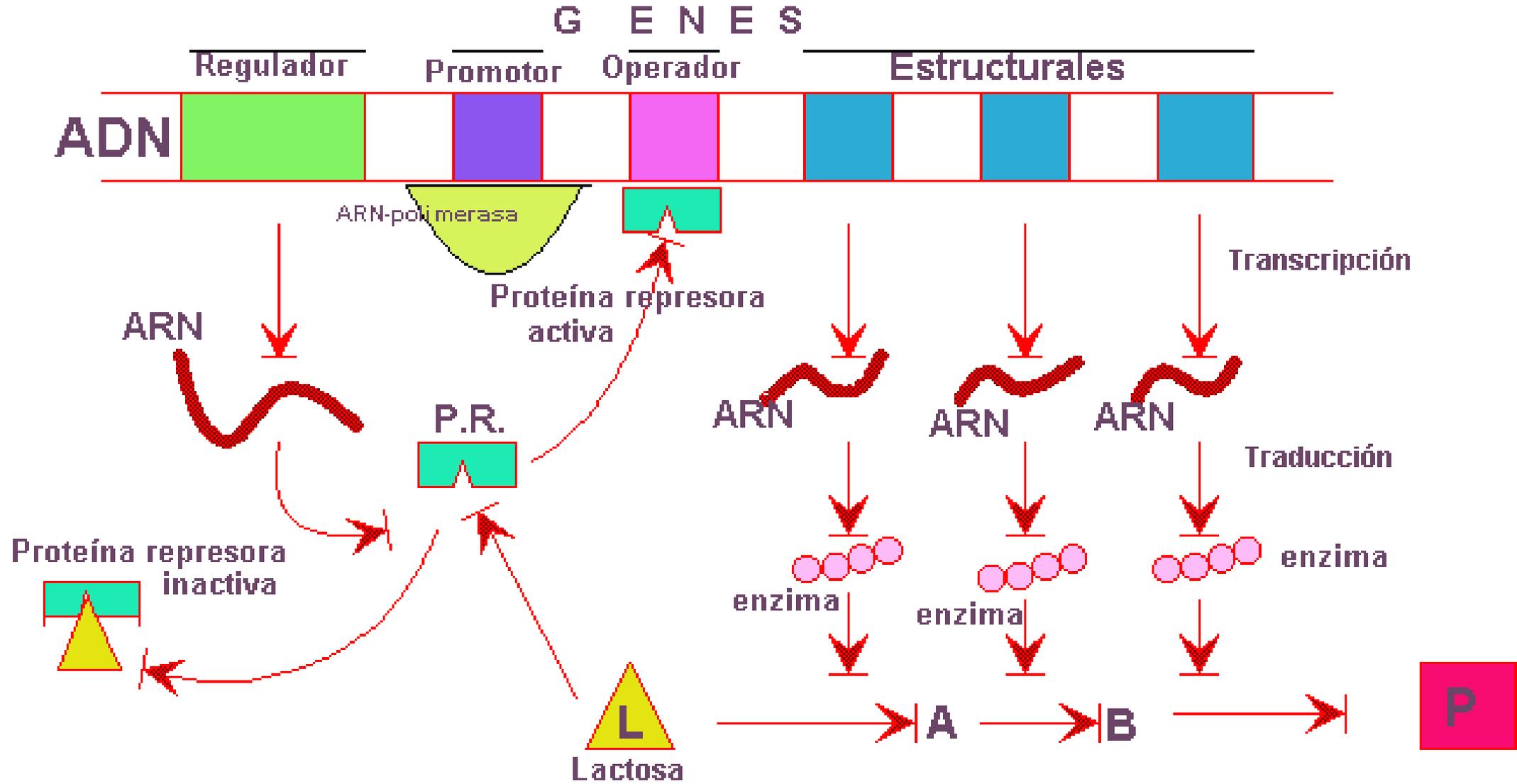


COMPONENTES DE UN OPERÓN

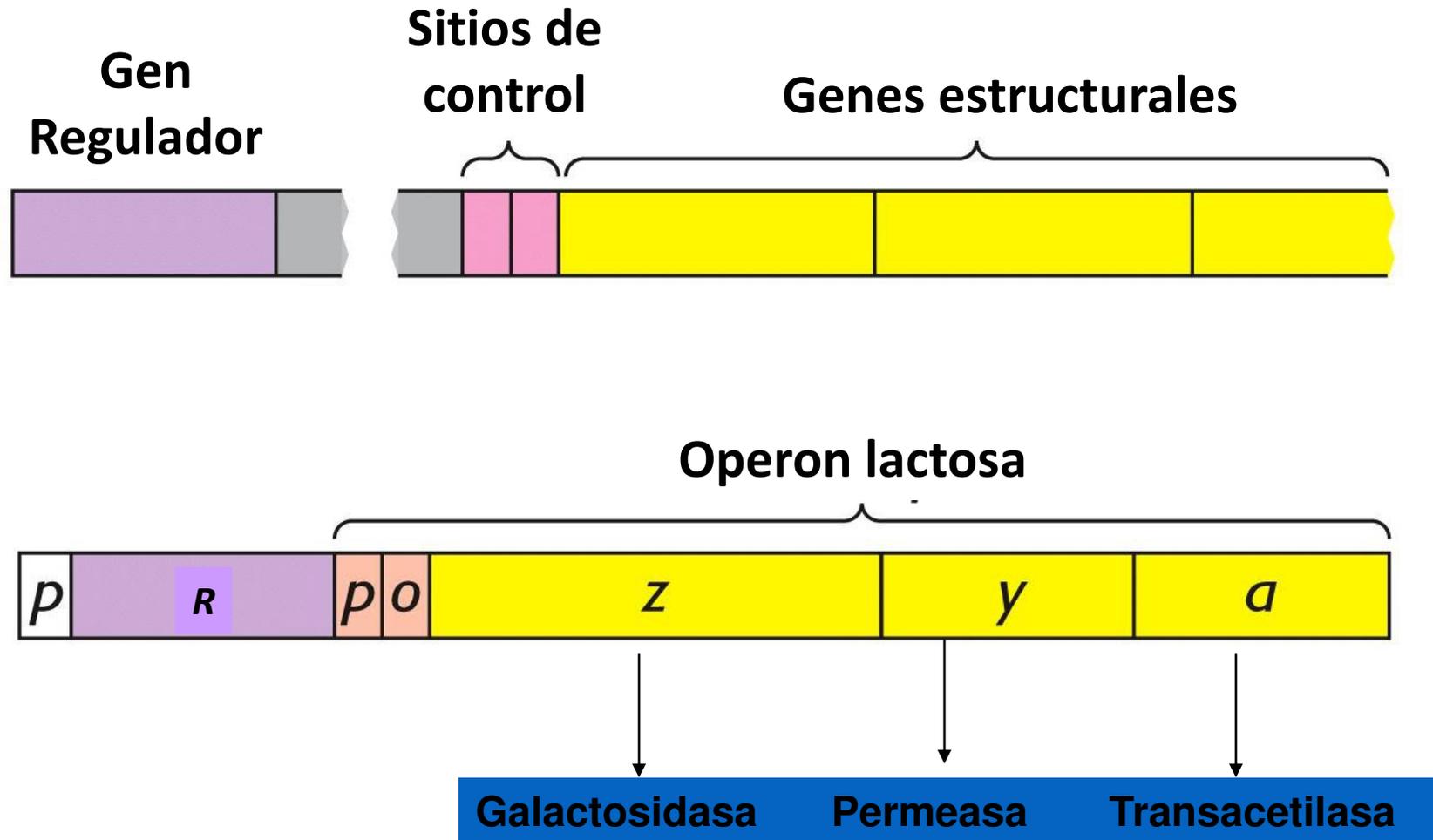
R: GEN REGULADOR, codifica una **proteína represora** que regula la transcripción de los genes estructurales al unirse al OPERADOR.

P: PROMOTOR de los genes estructurales E1, E2, E3 y E4. Es reconocida por la ARNpolim.

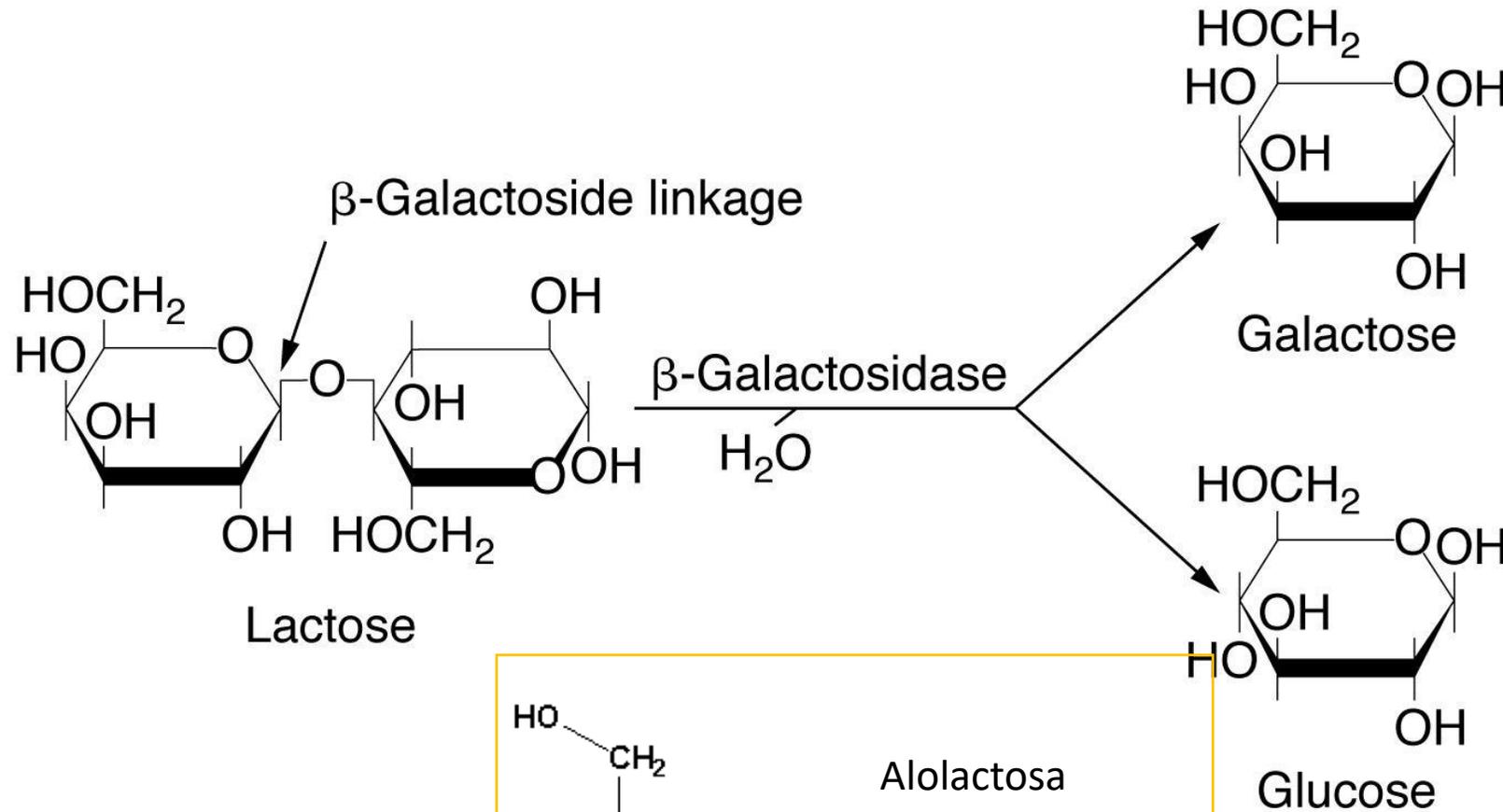
O: OPERADOR, secuencia reconocida por la **proteína represora** que impide la transcripción.



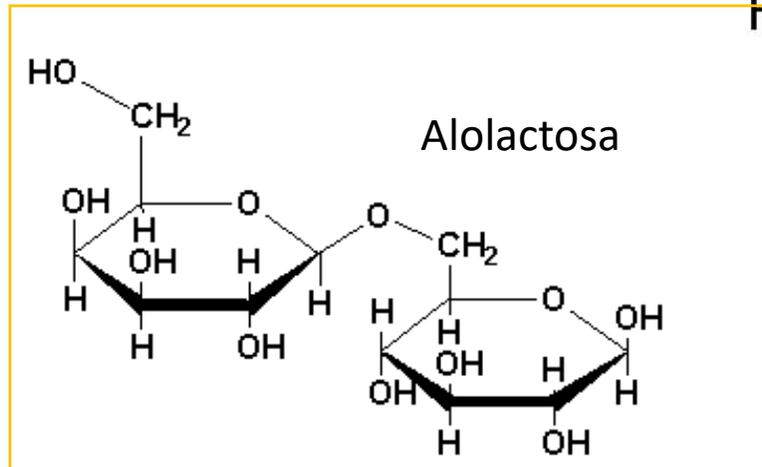
LOS OPERONES ESTÁN FORMADOS POR GENES ESTRUCTURALES Y UNA REGIÓN DE CONTROL



La lactosa es hidrolizada por la β -galactosidasa para generar glucosa y galactosa



La β galactosidasa también convierte parte de la lactosa en alolactosa

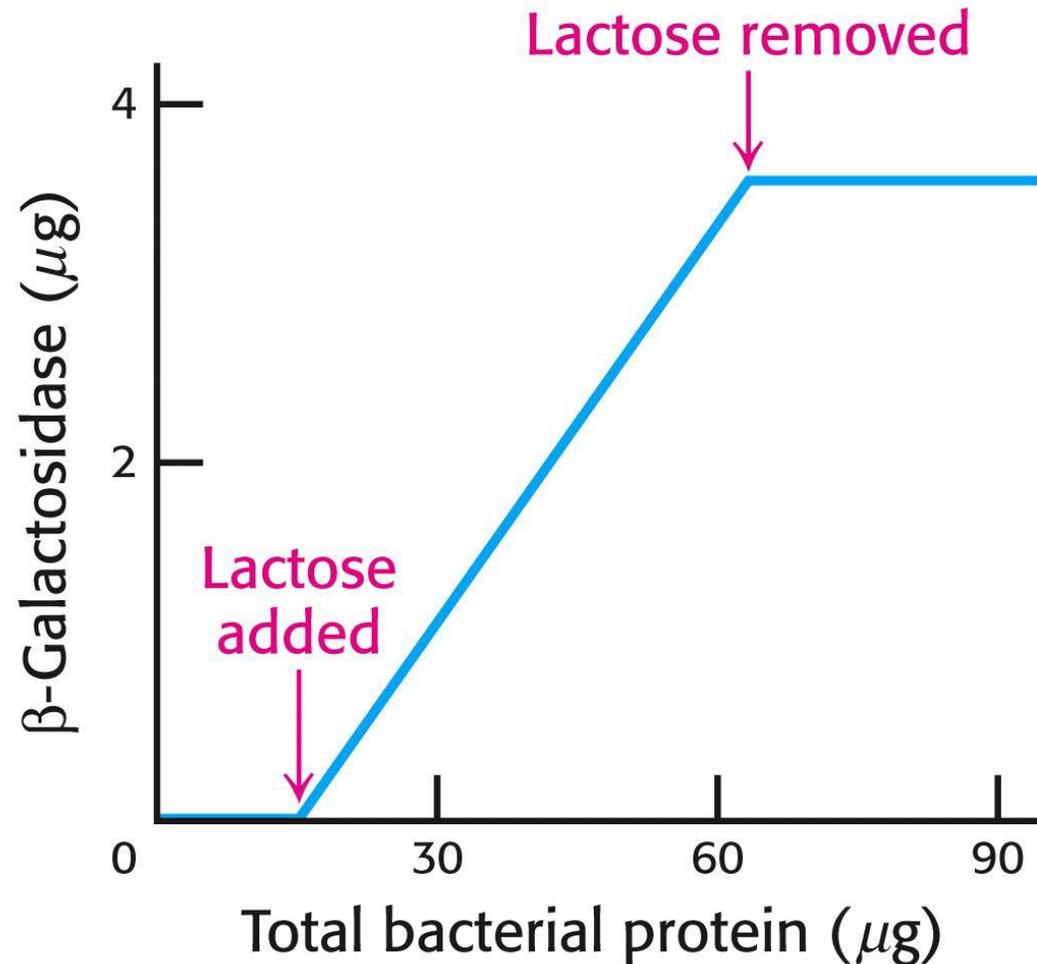




La síntesis de la β -galactosidasa se induce cuando hay lactosa en el medio

La β -galactosidasa se encuentra en niveles muy bajos dentro de la célula si NO HAY LACTOSA en el medio.

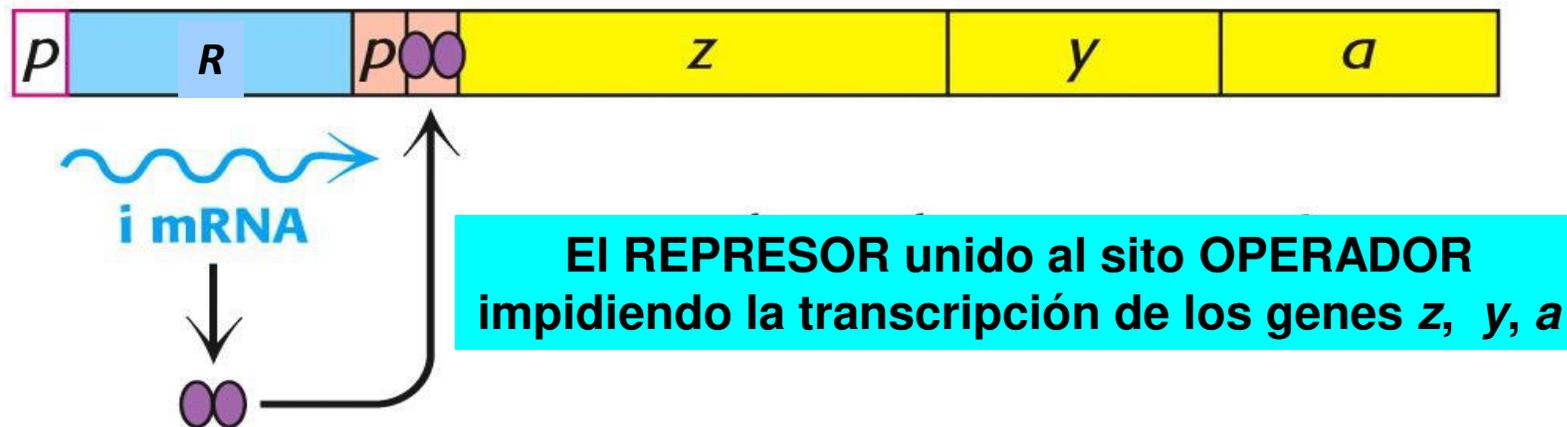
Su producción se INDUCE cuando se AGREGA lactosa al medio y se elimina la glucosa de éste.



INDUCTOR  LACTOSA

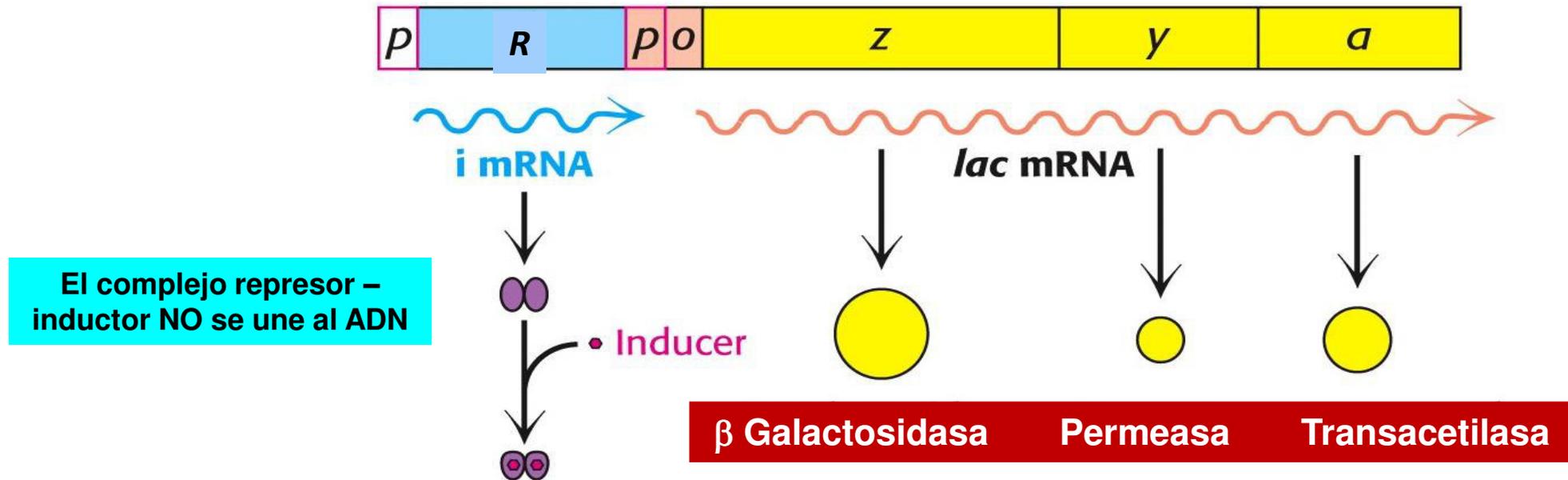
Cuando NO HAY LACTOSA en el medio, el operón lac está APAGADO

OPERÓN REPRIMIDO



Cuando HAY LACTOSA en el medio, el REPRESOR se DISOCIA del OPERADOR y los genes *z*, *y*, *a* pueden ser transcritos

OPERÓN INDUCIDO



El INDUCTOR se UNE al REPRESOR y éste ya NO SE UNE al ADN , permitiendo la transcripción.
La ARN polimerasa reconoce al PROMOTOR y transcribe los genes estructurales



GENES ESTRUCTURALES:

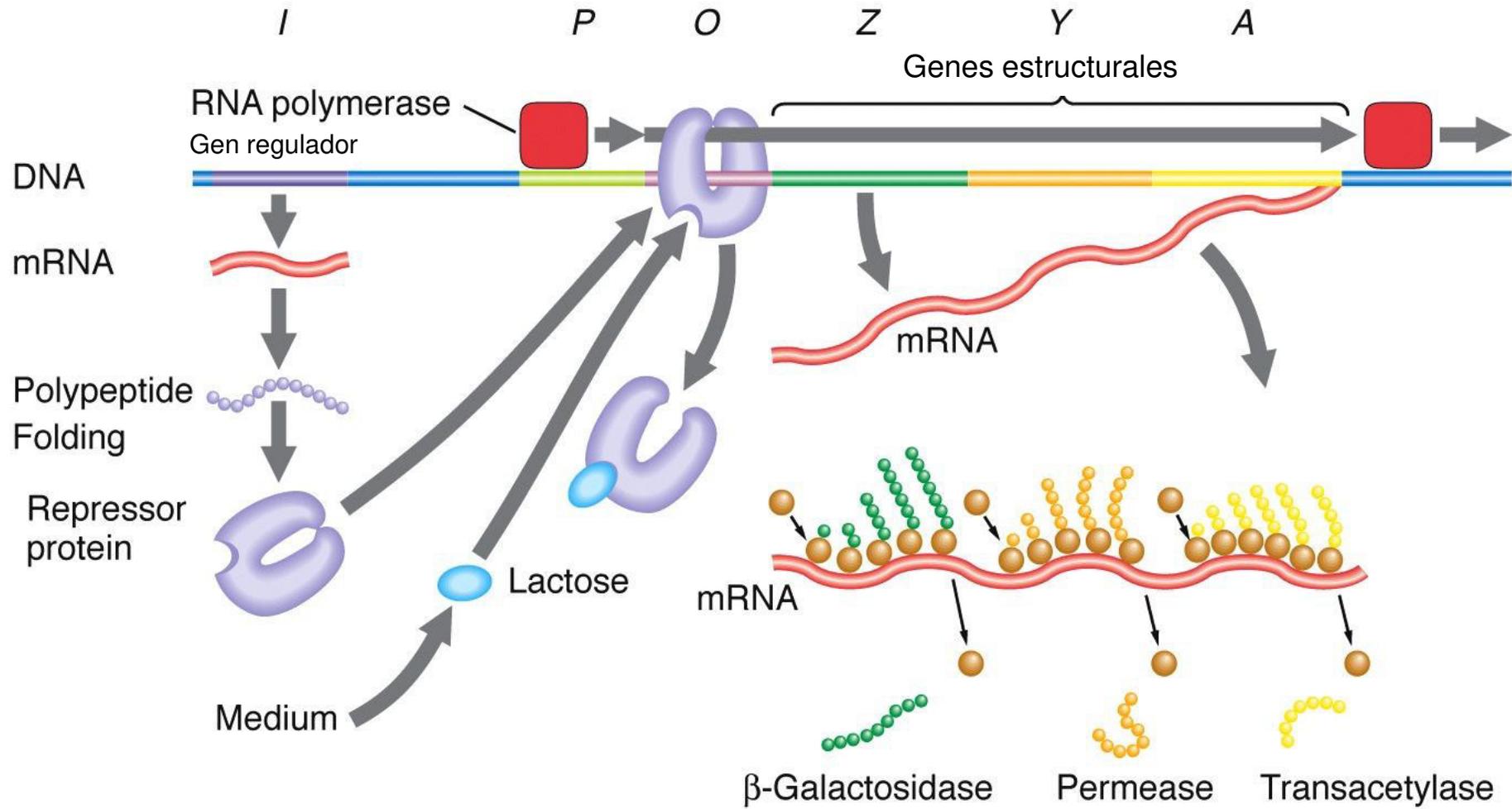


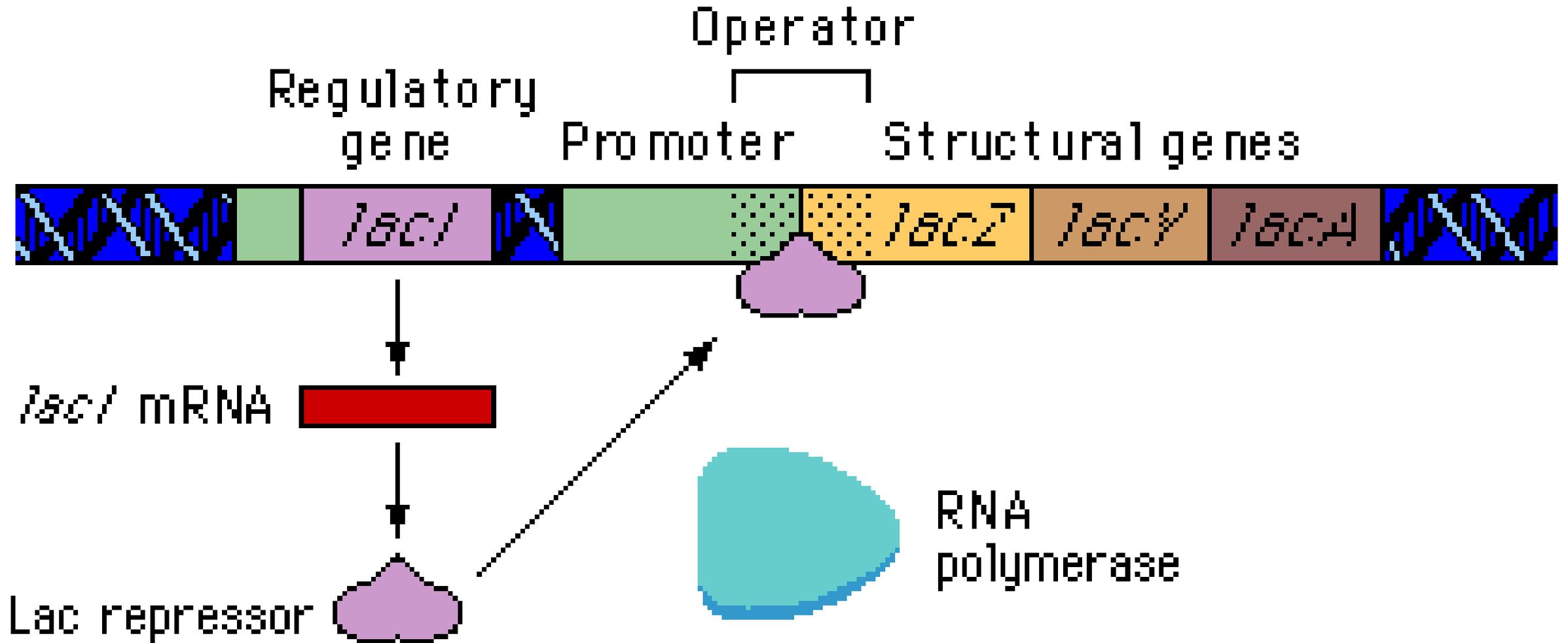
Gen *lac z*: codifica la enzima β -galactosidasa, que cataliza la reacción de hidrólisis de la lactosa en glucosa y galactosa.

Gen *lac y*: codifica la proteína galactósido permeasa, cuya función es facilitar el transporte de la lactosa al interior de la bacteria colocándose en la membrana plasmática y formando un transportador.

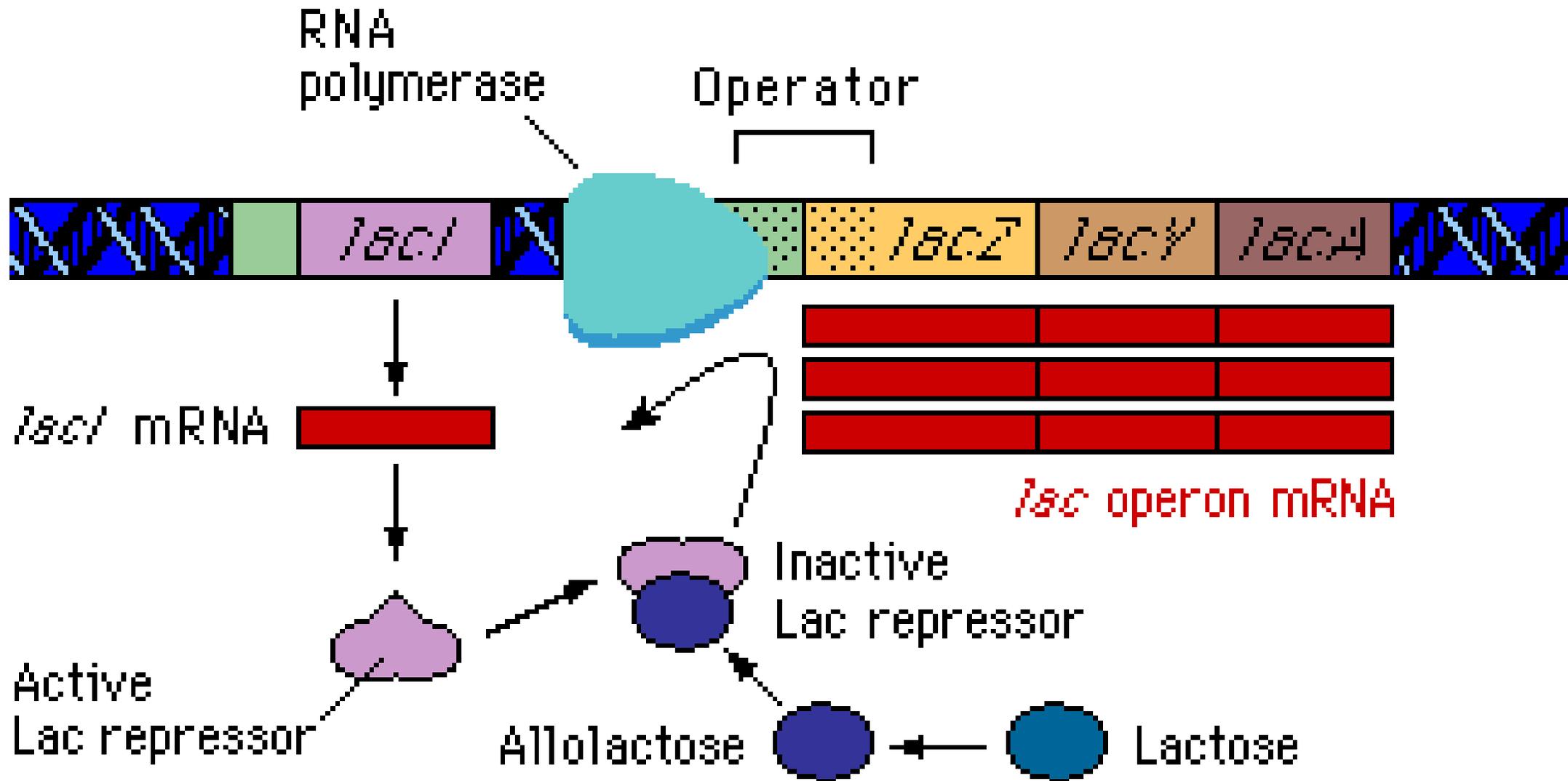
Gen *lac a*: codifica la enzima tiogalactósido transferasa, que cataliza la transferencia del grupo acetil del acetil Coenzima A al 6-OH de un aceptor tiogalactósido. Este gen no está relacionado con el metabolismo de la lactosa.

El Operon *lac* se activa para poder utilizar a la lactosa como fuente de carbono





La lactosa es convertida a alolactosa por la β -galactosidasa



La alolactosa es el inductor del operón lac.



EN BACTERIAS, EL PRINCIPAL NIVEL DE REGULACIÓN ES EL TRANSCRIPCIONAL

**GEN CON
REGULACIÓN POSITIVA (+)**



El gen “SE ENCIENDE”

(se empieza a transcribir o se transcribe más)

**GEN CON
REGULACIÓN NEGATIVA (-)**



El gen “SE APAGA”

(NO se transcribe o se transcribe menos)

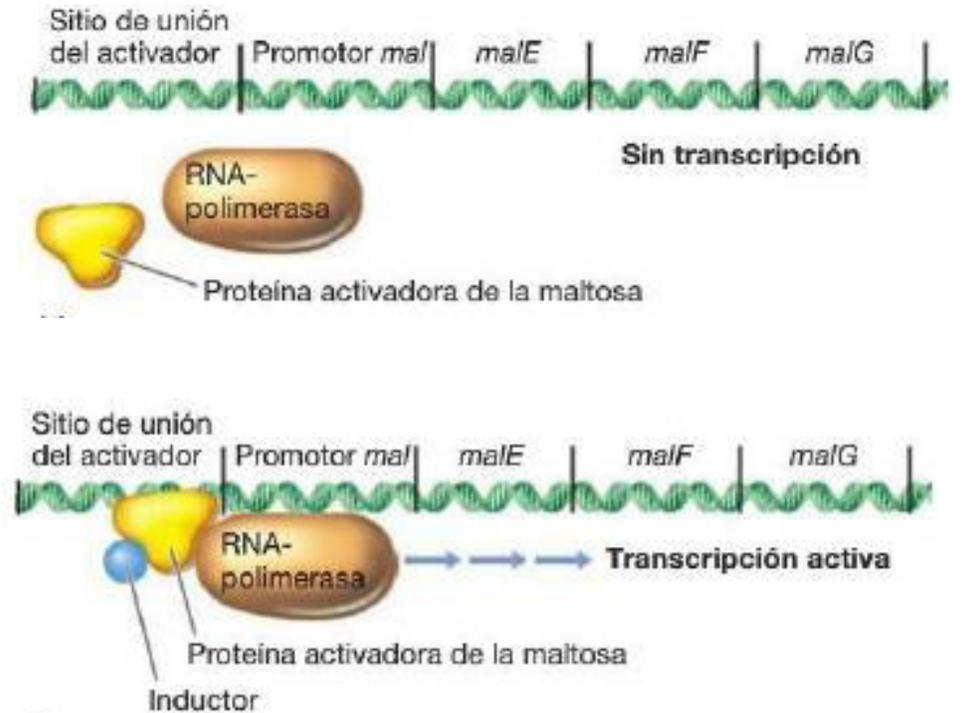
CONTROL POSITIVO DE LA TRANSCRIPCIÓN



Una **PROTEÍNA REGULADORA** activa la unión de la **ARN-polimerasa** al **ADN** promoviendo la transcripción de genes.

REGULACIÓN POSITIVA: Catabolismo de la maltosa en *E. coli*

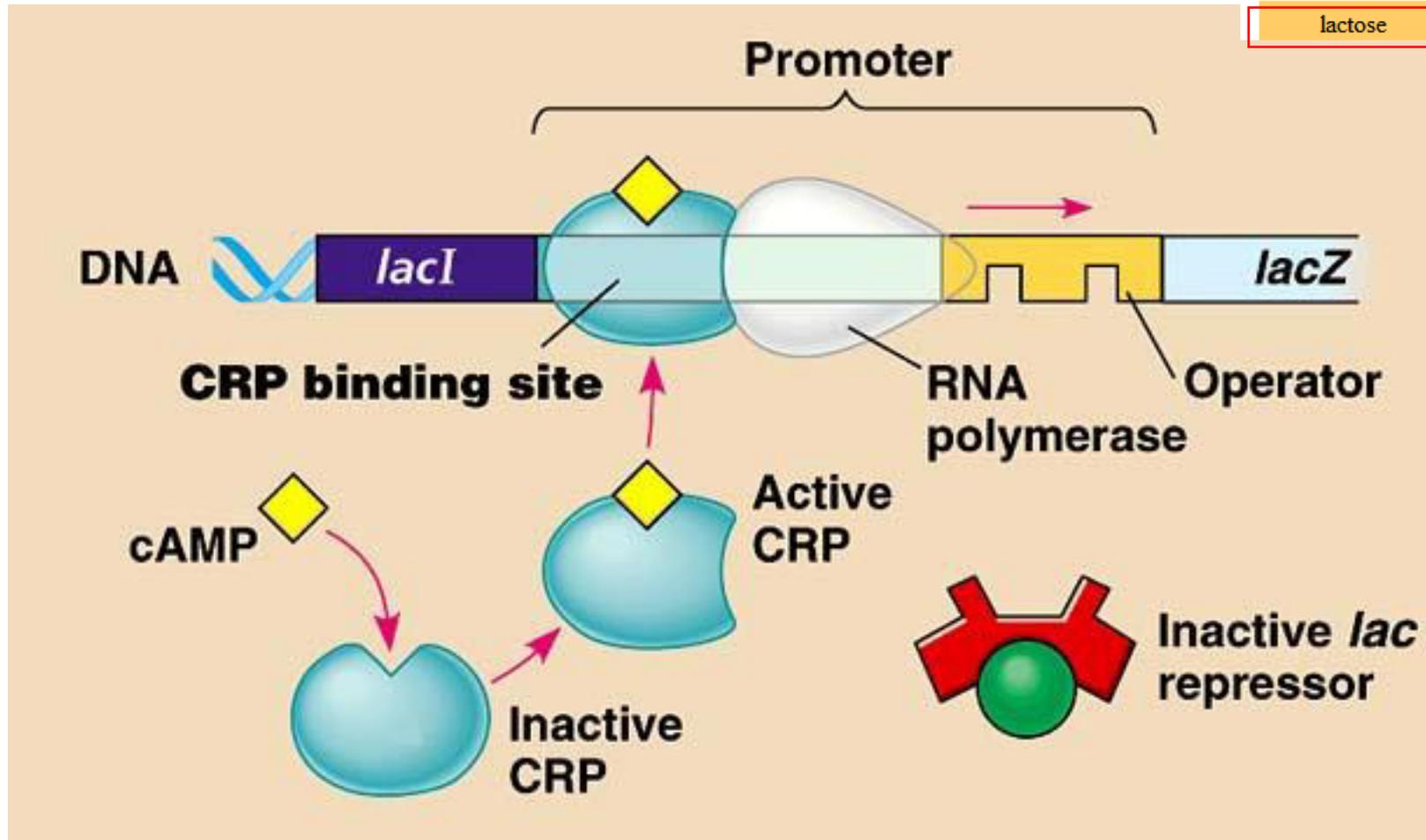
- ❖ Las enzimas son sintetizadas sólo tras la adición de maltosa al medio.
- ❖ La **TRANSCRIPCIÓN** necesita la unión de una proteína **ACTIVADORA** al ADN.
- ❖ La proteína activadora de maltosa **NO PUEDE** unirse al ADN a menos que 1ro se una a la maltosa, el **INDUCTOR**.
- ❖ Cuando la proteína activadora de maltosa se une al ADN, permite a la **ARN-polimerasa** empezar la transcripción.
- ❖ Las proteínas activadoras se unen de manera específica sólo a determinadas secuencias del ADN.





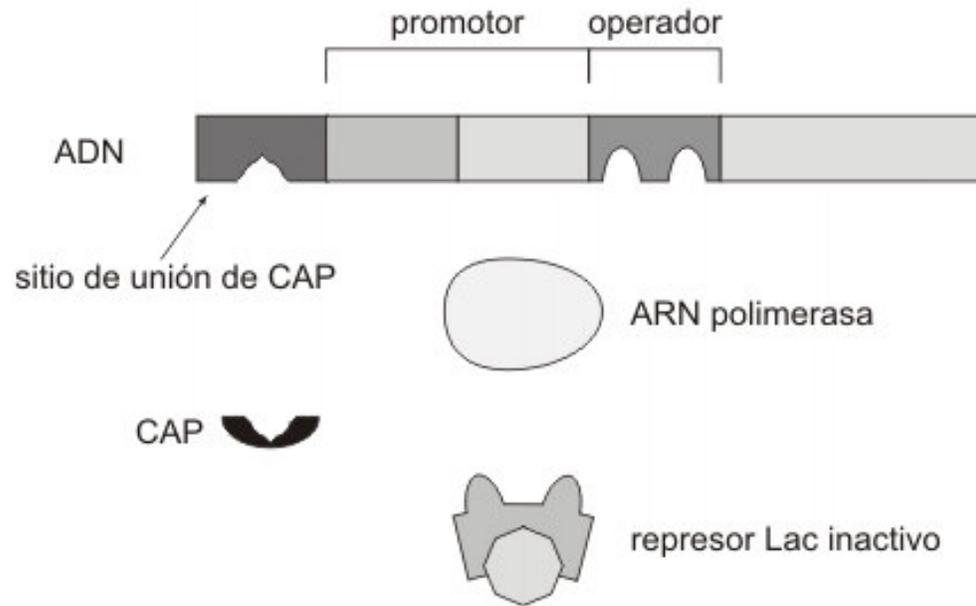
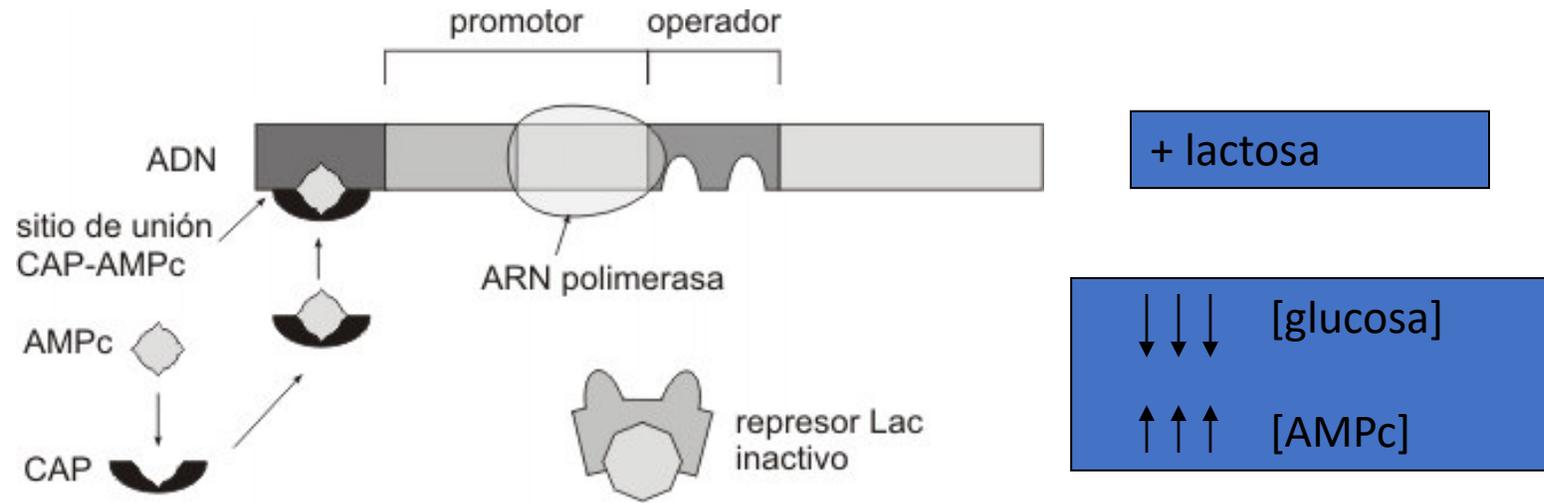
REGULACIÓN POSITIVA. INDUCCIÓN

Sugar(s) in Growth Medium	Relative Amount of β -galactosidase
glucose	1
glucose + lactose	50
lactose	2500



Cuando hay lactosa y la glucosa es baja, los niveles de cAMP son altos. El cAMP se une con la CRP que activa a la ARNpol para transcribir al operón *lac*. Por lo tanto, se sintetiza mucho ARNm *lac*.

REGULACIÓN POSITIVA

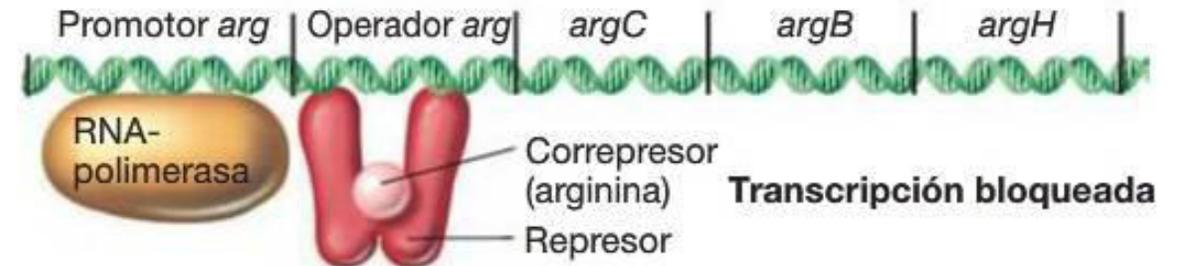
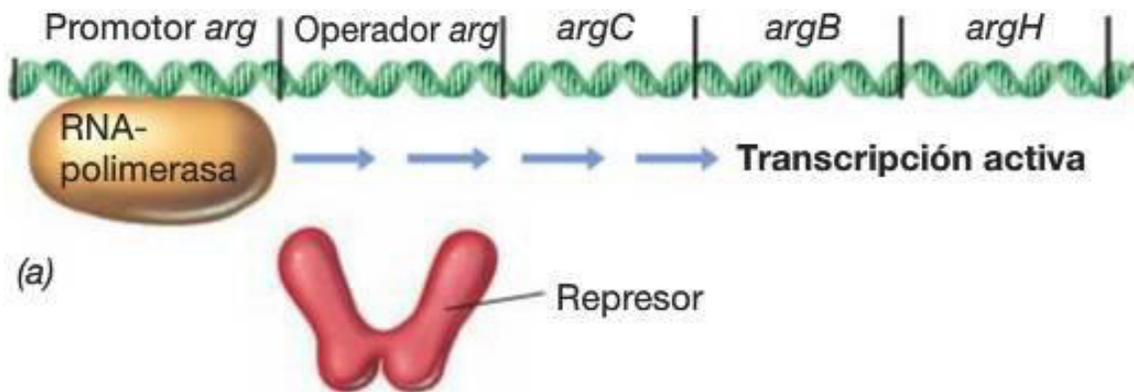


CONTROL NEGATIVO DE LA TRANSCRIPCIÓN: REPRESIÓN E INDUCCIÓN

Mecanismo regulador que DETIENE la transcripción de genes

REPRESIÓN ENZIMÁTICA

- ❖ Las enzimas que catalizan la síntesis de un producto específico **NO** son sintetizadas si el producto **ESTÁ PRESENTE** en el medio en cantidad suficiente.
- ❖ El organismo **NO MALGASTA** energía y nutrientes sintetizando enzimas innecesarias.



¿QUÉ LE PASA AL OPERÓN *LAC* CUANDO NO HAY GLUCOSA NI TAMPOCO LACTOSA?

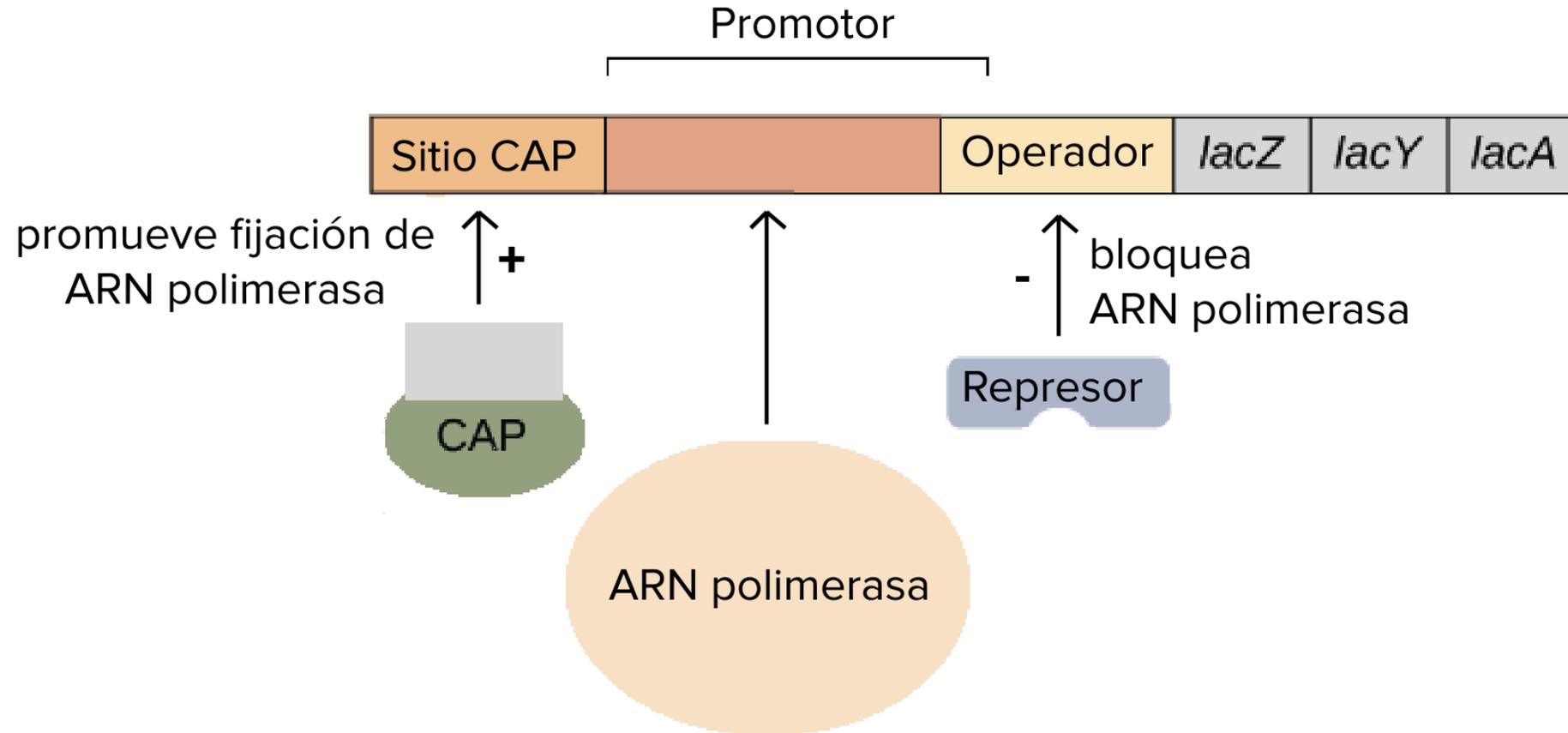
Como el represor está unido al promotor

- glucosa
- lactosa



Aunque los niveles de cAMP sean altos y el activador esté presente....

El operón *lac*



INDUCCIÓN ENZIMÁTICA

Opuesta a la represión enzimática.

Una EZ es sintetizada sólo cuando su ST está presente.

Producción de una EZ en respuesta a una señal (a menudo la presencia del ST).

Ej.: El uso del azúcar lactosa como fuente de carbono y de energía por parte de *E. coli*.

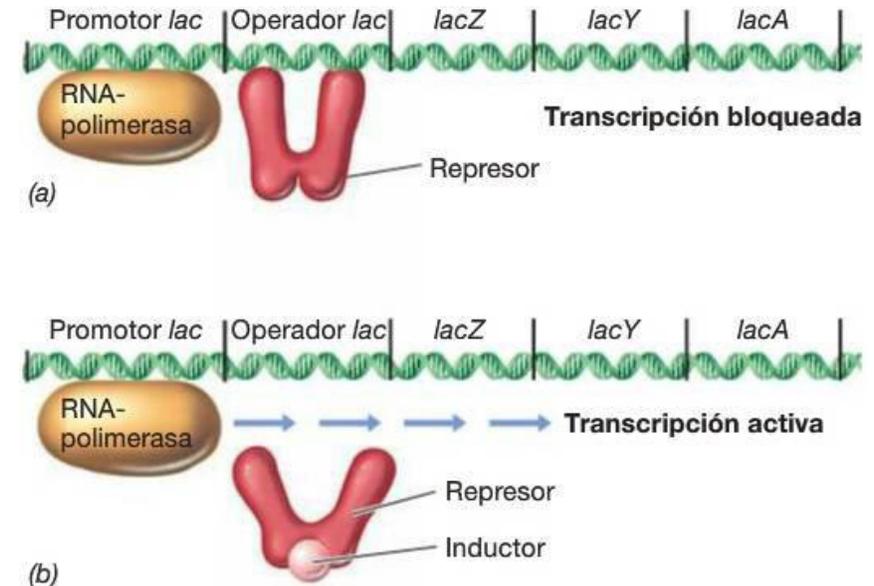
INDUCCIÓN de β -galactosidasa, la enzima que escinde la lactosa en glucosa y galactosa

Esta EZ es necesaria para que *E. coli* pueda crecer en un medio con lactosa.

Si el medio no contiene lactosa, la EZ no se sintetiza, pero su síntesis empieza casi inmediatamente tras la adición de lactosa.

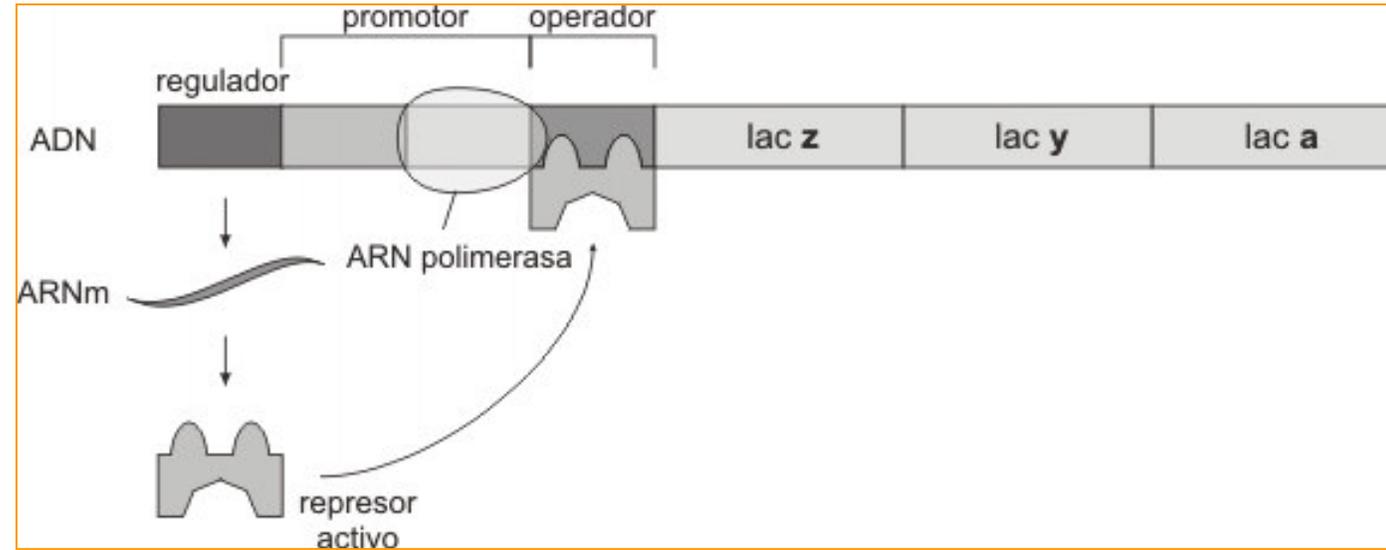
La sustancia que INDUCE la síntesis EZ se llama INDUCTOR.

La sustancia que REPRIME la síntesis enzimática es el CORREPRESOR.

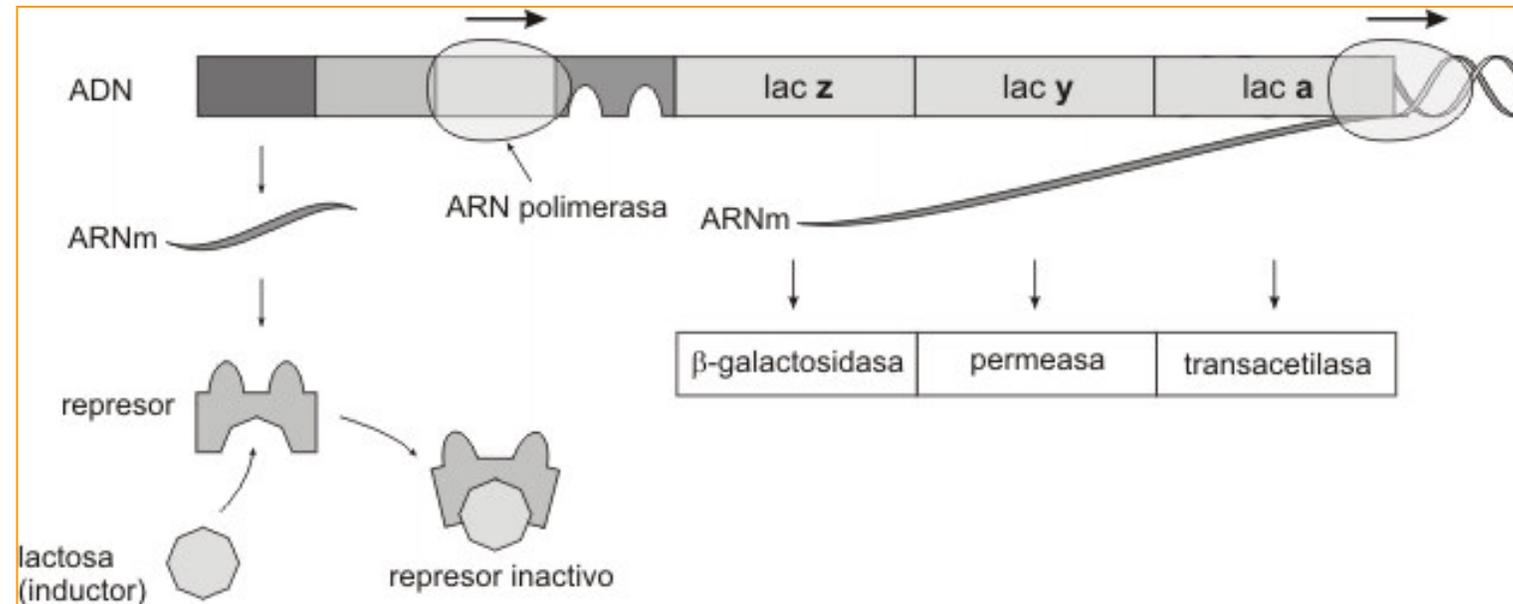


REGULACIÓN NEGATIVA

En presencia de glucosa
y ausencia de lactosa



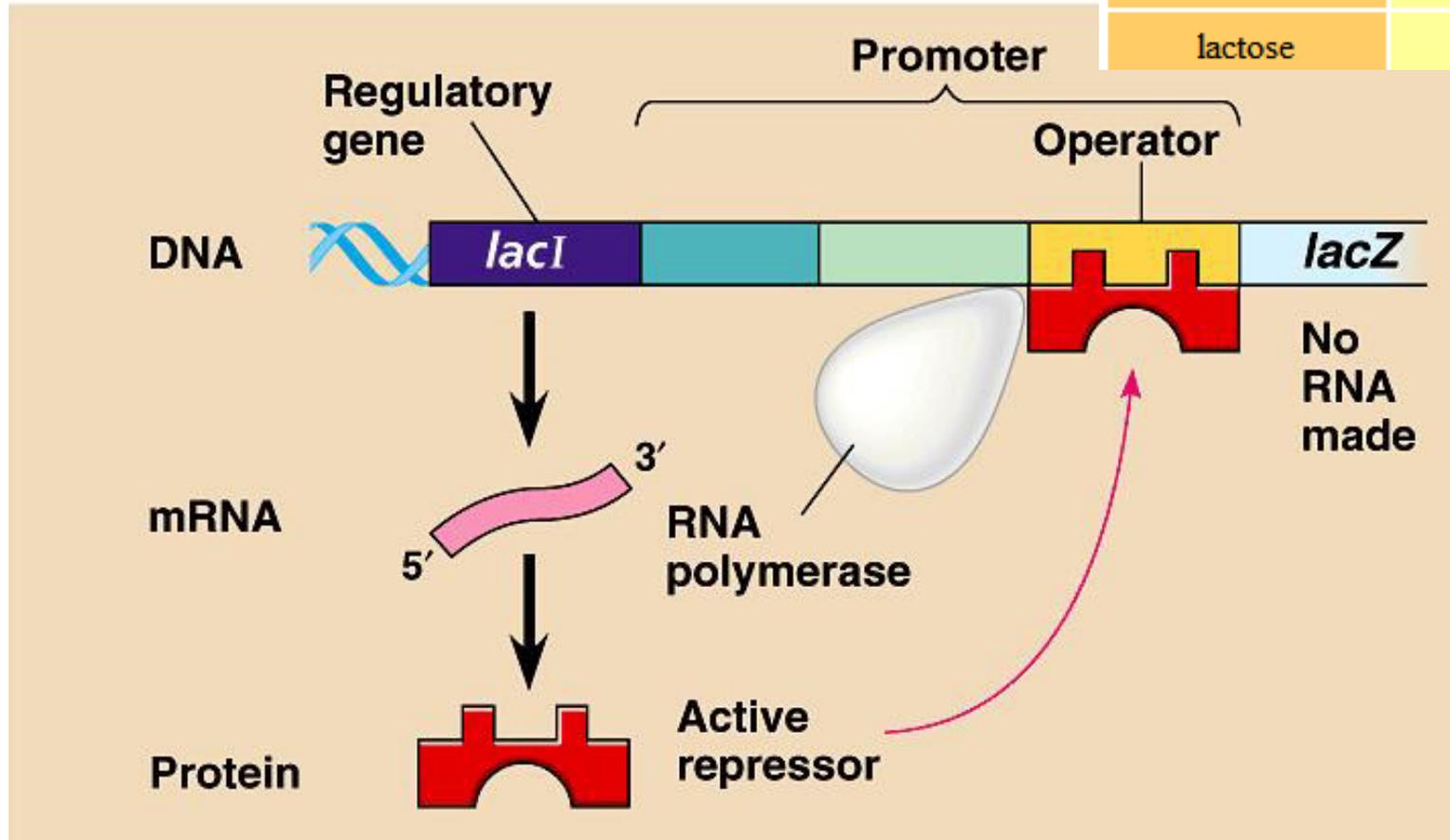
En presencia de lactosa y
ausencia de glucosa



Regulación del operón lactosa

Regulación Negativa

Sugar(s) in Growth Medium	Relative Amount of β -galactosidase
glucose	1
glucose + lactose	50
lactose	2500

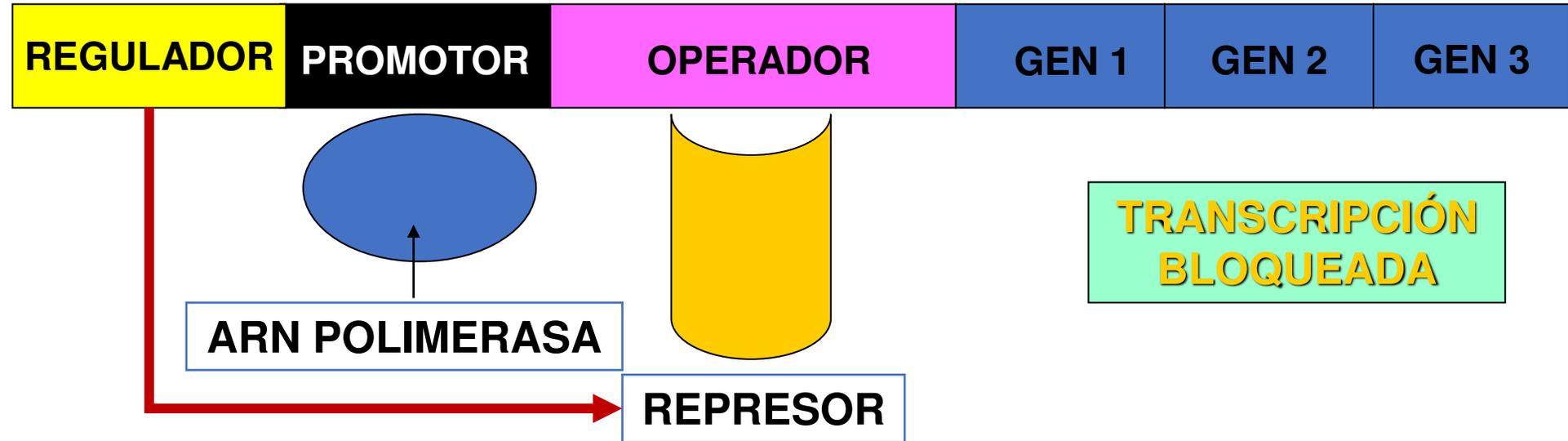


Quando HAY GLUCOSA y NO HAY LACTOSA, el REPRESOR está ACTIVO y el OPERÓN está APAGADO, NO HAY TRANSCRIPCIÓN y NO HAY β GALACTOSIDASA

REGULACIÓN DE EXPRESIÓN GÉNICA



REPRESIÓN

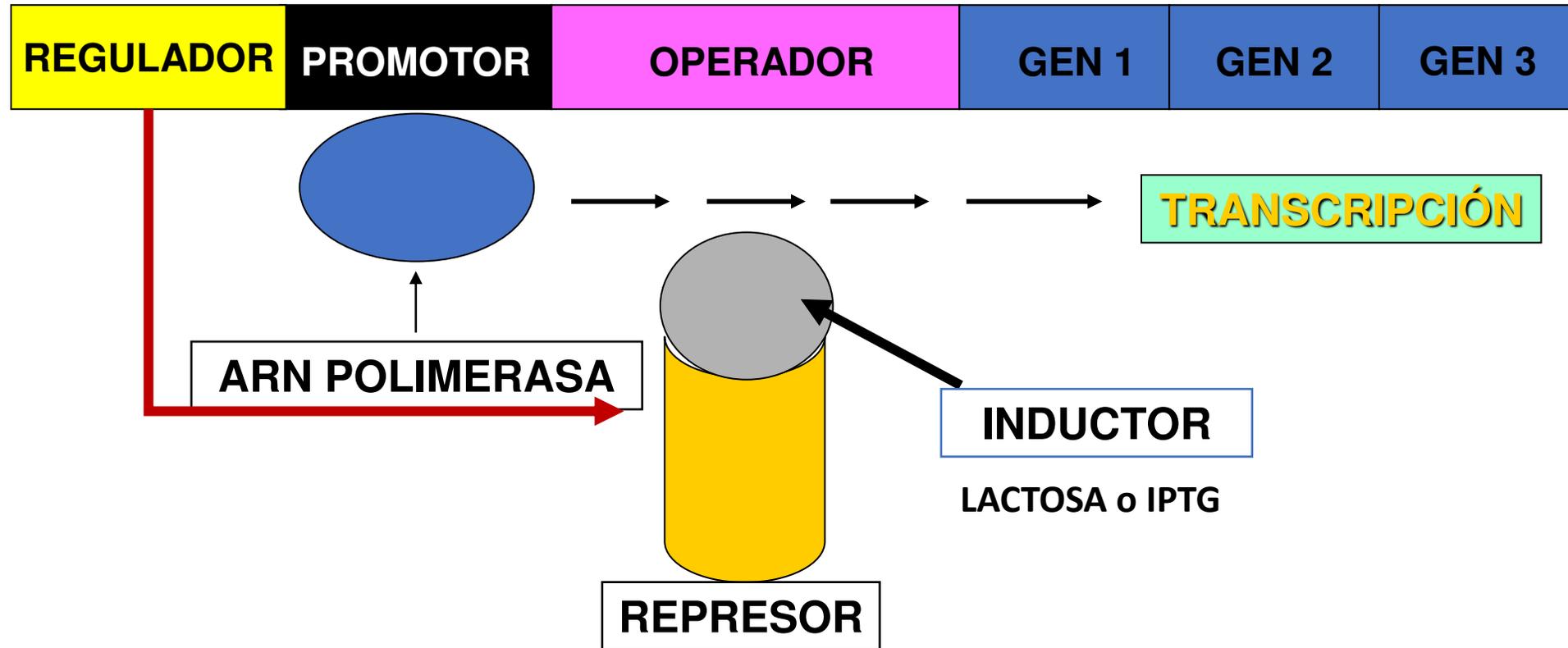


GEN REGULADOR (*lac I*): codifica la proteína represora Lac I, que reconoce la región operadora, donde se une. Impide la transcripción de los genes bajo el control de este promotor.

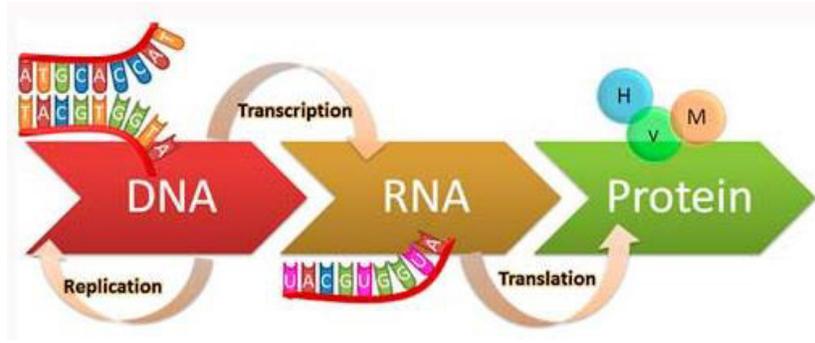
PROMOTOR: región del ADN, precedente a los genes estructurales, que reconoce la ARN polimerasa para llevar a cabo la transcripción.

OPERADOR: región del ADN localizada entre el promotor y el comienzo de los genes estructurales, que es reconocida por la proteína represora Lac I.

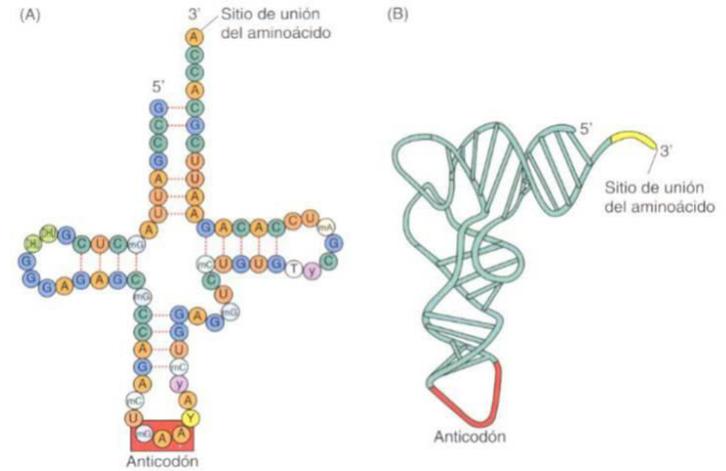
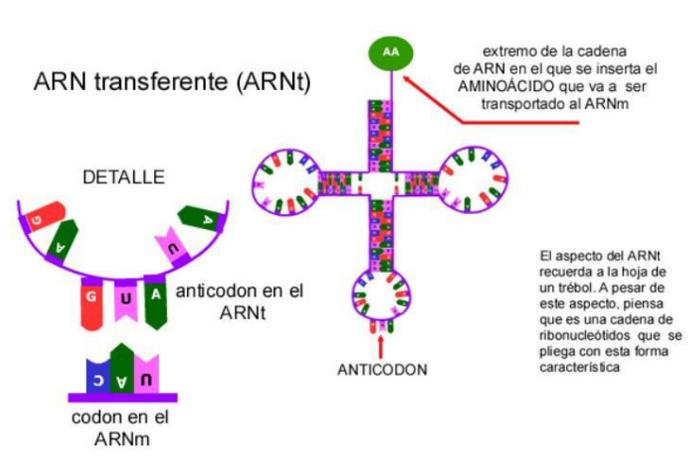
INDUCCIÓN



Cuando el represor se retire (en presencia de inductor), la ARN polimerasa estará lista para empezar la transcripción.



- ❖ Los aminoácidos son unidos a los ARNt que los llevarán hasta el lugar de síntesis proteica, donde serán encadenados uno tras otro.
- ❖ La enzima aminoacil-ARNt-sintetasa se encarga de dicha unión, en un proceso que consume ATP.



RIBOSOMAS

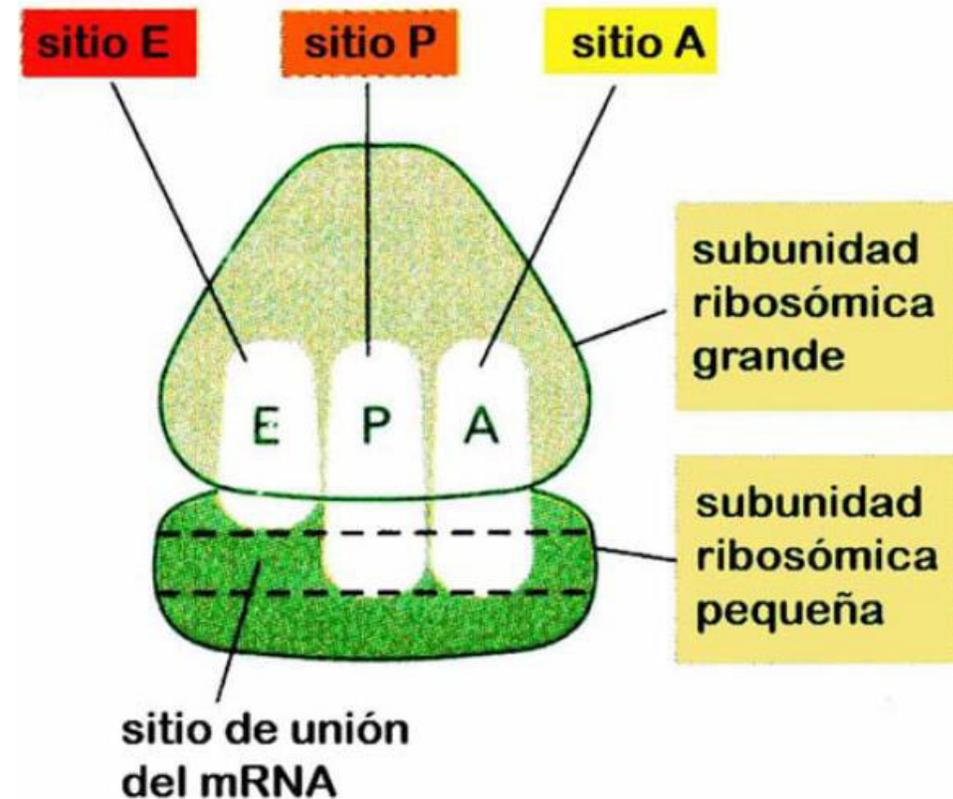


- ❖ **Orgánulos citoplasmáticos encargados de la síntesis proteica**
- ❖ **Unen los aminoácidos que transportan los ARNt siguiendo la secuencia de codones del ARNm según las equivalencias del CÓDIGO GENÉTICO.**

Sitio A (aminoacil): lugar donde se sitúan todos los aminoacil-ARNt entrantes, excepto el de iniciación (P)

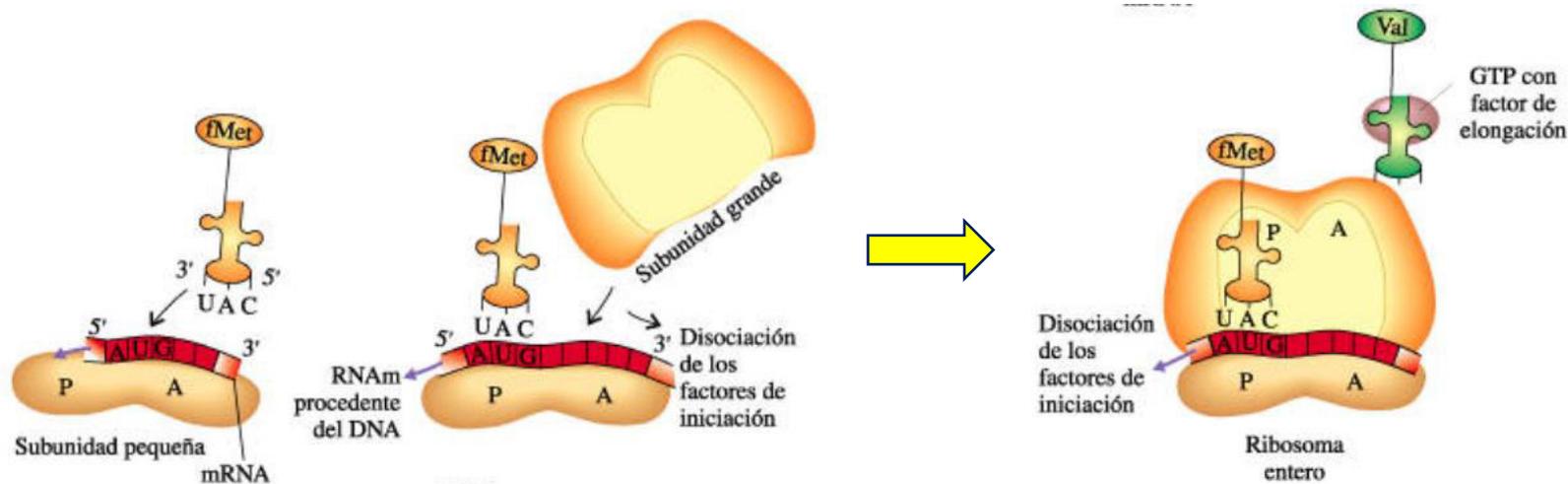
Sitio P (peptidil): es el lugar donde se sitúa el peptidil-ARNt en formación y el metionil-ARNt de iniciación

Sitio E (exit): es el lugar donde se sitúa el ARNt descargado antes de abandonar el ribosoma



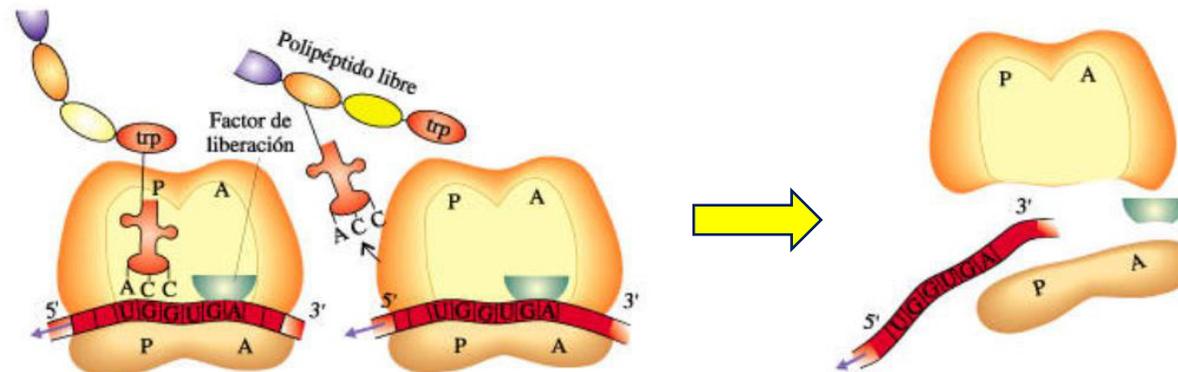
INICIACIÓN DE LA TRADUCCIÓN

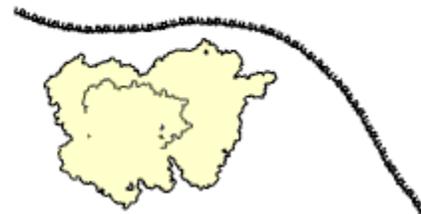
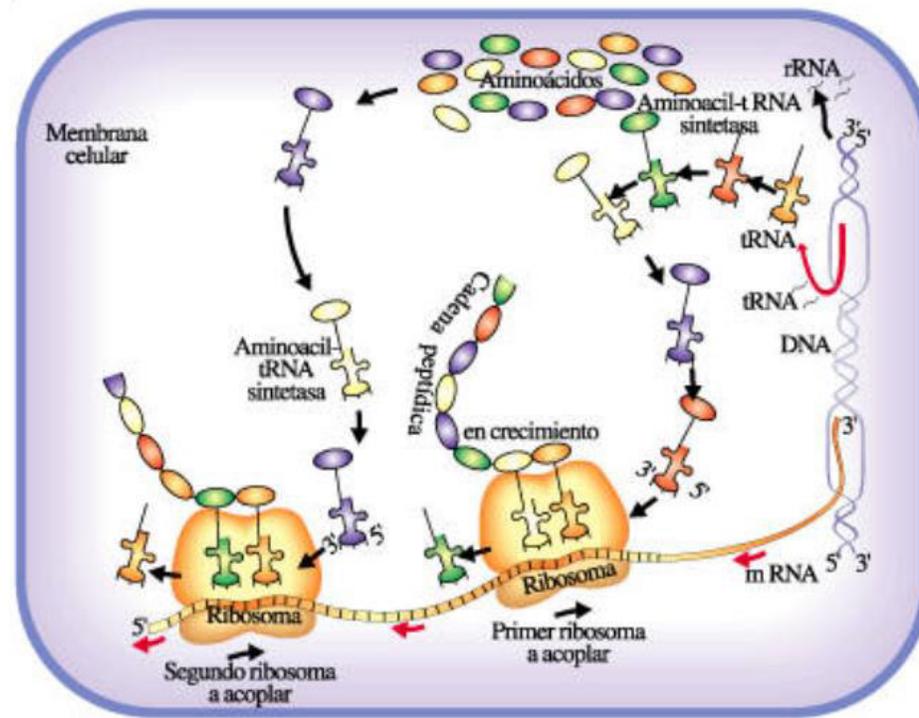
- Primera etapa de la biosíntesis de proteínas.
- El ARNm se une a la subunidad menor de los ribosomas.
- Luego se une el aminoacil-ARNt
- El ARNt tiene en uno de sus extremos un triplete de nucleótidos: anticodón, que se asocia al primer codón del ARNm por complementariedad de bases.
- Luego se une la subunidad mayor, formándose el complejo ribosomal o complejo activo.
- Todos estos procesos están catalizados por los llamados factores de iniciación (FI).
- El primer codón que se traduce es generalmente el AUG, que corresponde con el aminoácido metionina no modificada en eucariotas y arqueas. En bacterias es la formilmetionina.



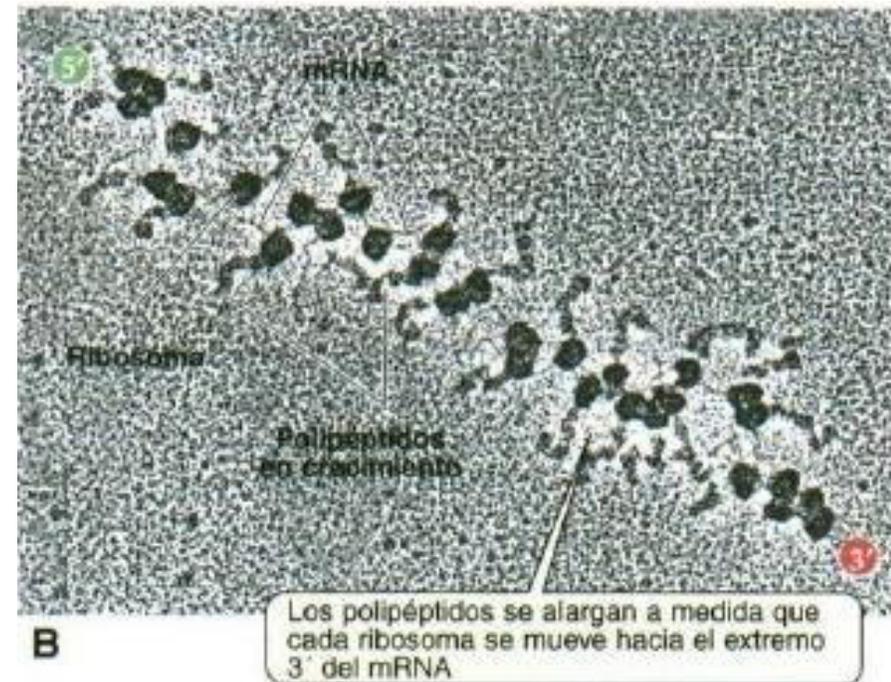
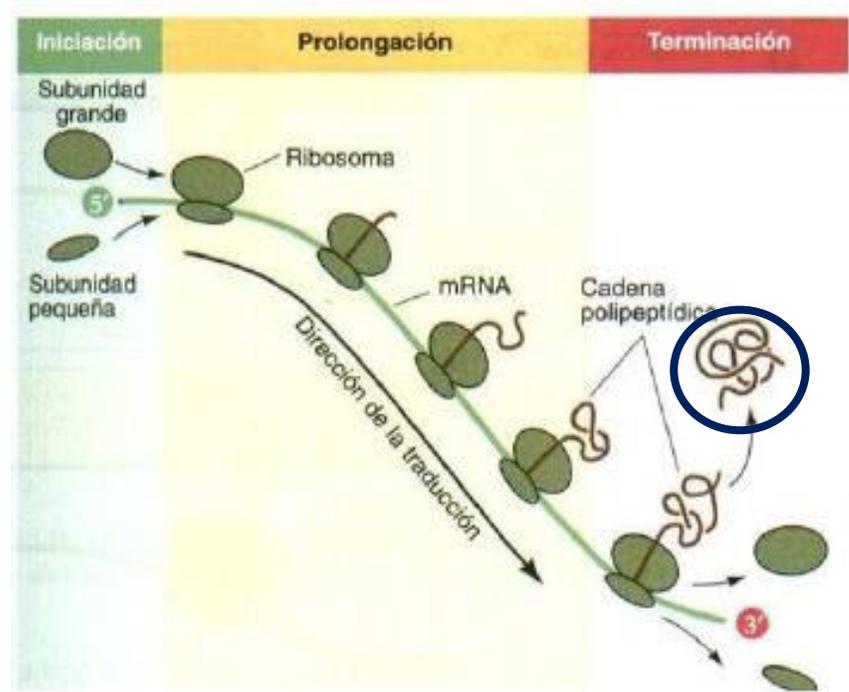


- Los codones UAA, UAG y UGA son señales de terminación que no especifican ningún aminoácido y se conocen como **CODONES DE TERMINACIÓN**; determinan el final de la síntesis proteica.
- No existe ningún ARNt cuyo anticodón sea complementario de dichos codones y, por lo tanto, la biosíntesis del polipéptido se interrumpe indicando que la cadena polipeptídica terminó.
- Proceso regulado por los factores de liberación que se sitúan en el sitio A y hacen que la peptidil transferasa separe, por hidrólisis, la cadena polipeptídica del ARNt y el ARNt se desprende del sitio P.
- El sitio A es ocupado por el factor de liberación que produce la disociación de las 2 subunidades del ribosoma



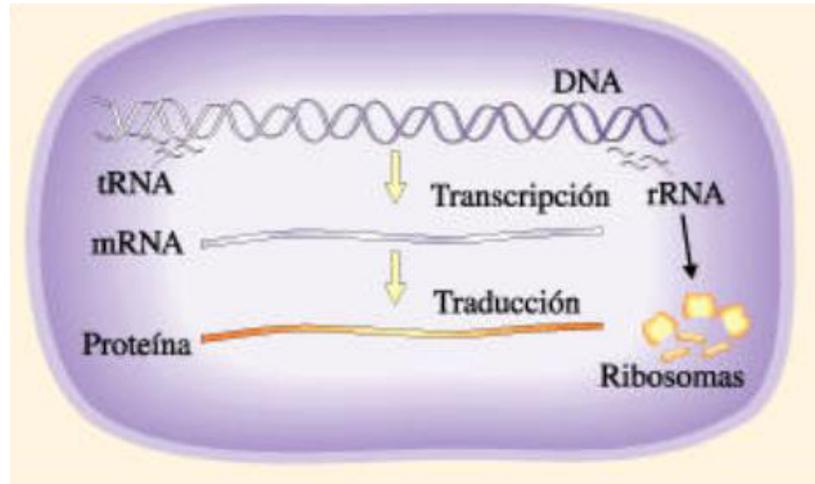


- Al finalizar la síntesis de una proteína, se libera el ARNm que puede volver a ser leído, inclusive antes que la síntesis de una proteína termine, ya puede iniciar la siguiente: el mismo ARNm, si es lo suficientemente largo, puede ser leído o traducido por varios ribosomas al mismo tiempo, uno detrás de otro.
- Al microscopio electrónico, se observa como un rosario de ribosomas, que se denomina POLIRRIBOSOMA o POLISOMA.

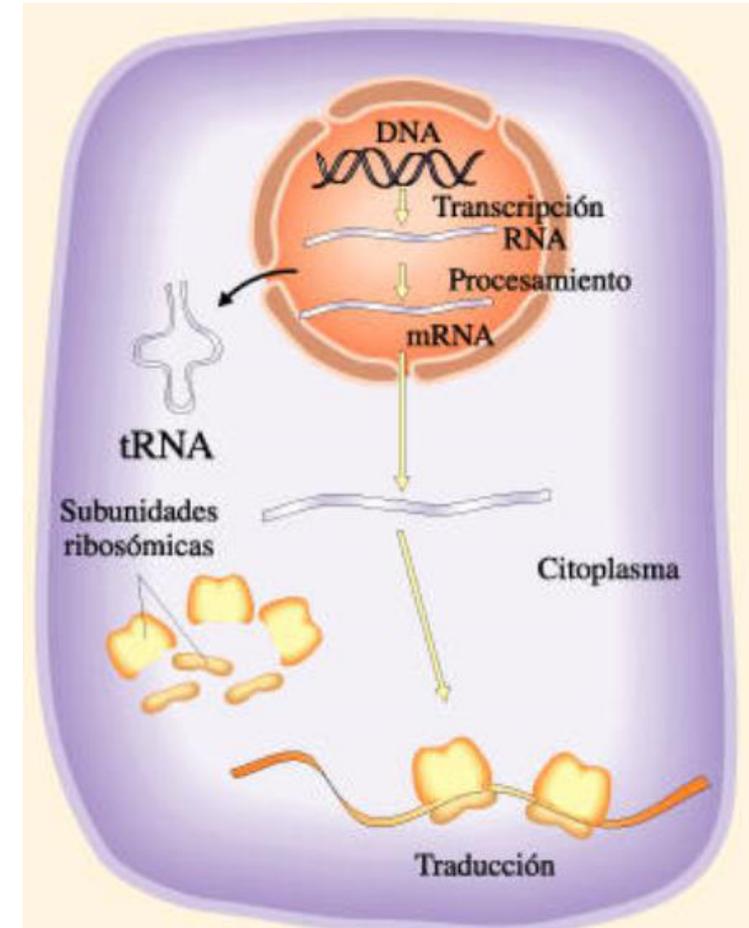




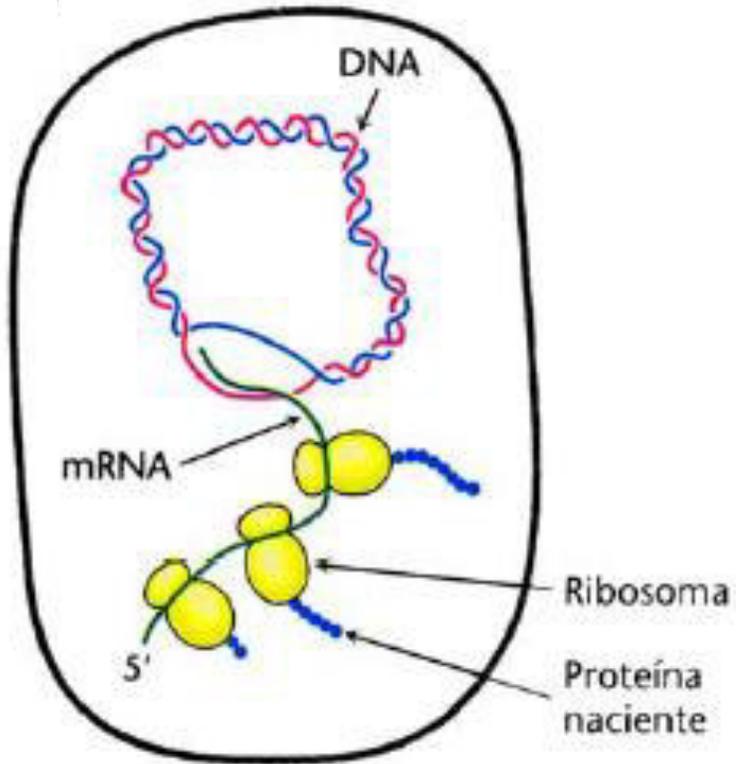
PROCARIOTAS



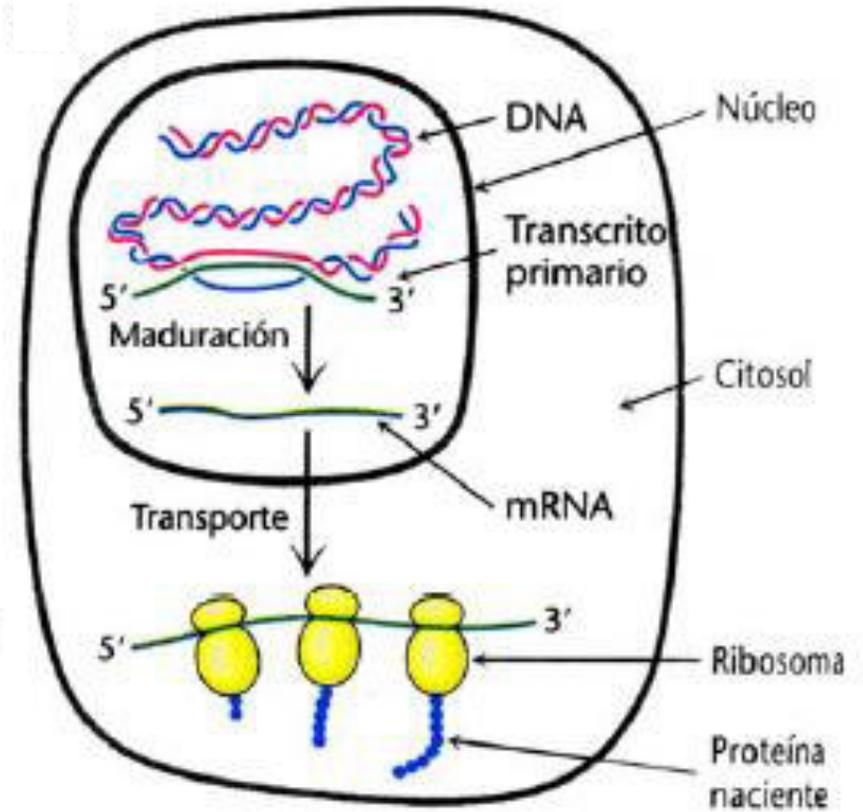
EUCARIOTAS



PROCARIOTAS



EUCARIOTAS



SELECCIÓN DE MUTANTES BACTERIANAS RESISTENTES A ATB



- ❖ Los procariotas **NO** se reproducen sexualmente.
- ❖ Poseen mecanismos de **TRANSFERENCIA HORIZONTAL** que permiten la transferencia génica y la recombinación.



Para detectar un intercambio genético entre 2 procariotas es necesario utilizar marcadores genéticos cuya transferencia pueda ser detectada.

MARCADOR



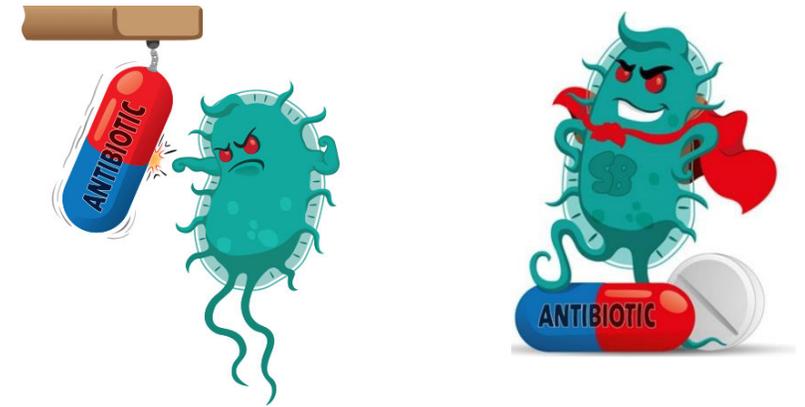
Gen cuya presencia pueda ser monitorizada durante un experimento genético.

- ❖ Según el tipo de mutación, el **FENOTIPO** de una cepa mutante puede **DIFERIR O NO** del de su progenitor.
- ❖ Algunas mutaciones son seleccionables, y confieren algún tipo de **VENTAJA** a los organismos que las poseen.
- ❖ Otras son **NO** seleccionables, incluso aunque pudieran llevar a un cambio muy claro en el fenotipo de un organismo.

- ❖ Una mutación **SELECCIONABLE** supone una clara **VENTAJA** para la cepa **MUTANTE** en determinadas condiciones ambientales.
- ❖ De modo que la **PROGENIE** de una célula **MUTANTE** será capaz de **SUPERAR** y **SUSTITUIR** al **PROGENITOR**.

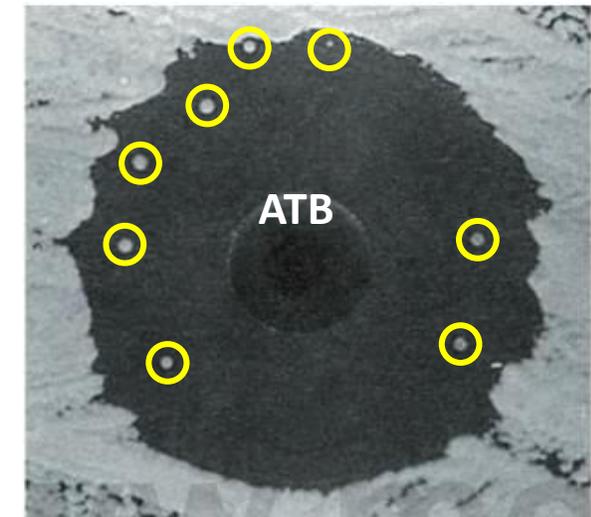
RESISTENCIA A LOS FÁRMACOS

Un mutante resistente a los ATB puede crecer en presencia de concentraciones de ATB que inhiben o matan a los progenitores.



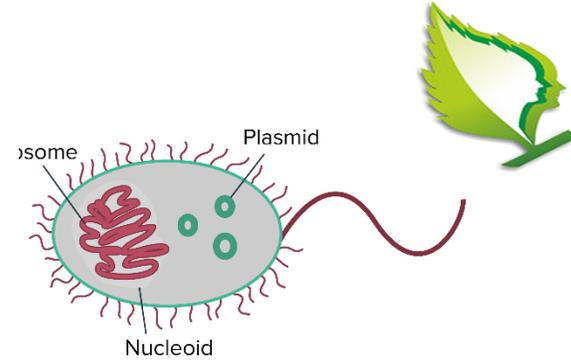
SERÁ SELECCIONADA EN ESAS CONDICIONES

La selección es una herramienta genética extremadamente potente, ya que permite el aislamiento de 1 solo mutante de una población de millones o incluso miles de millones de organismos progenitores.

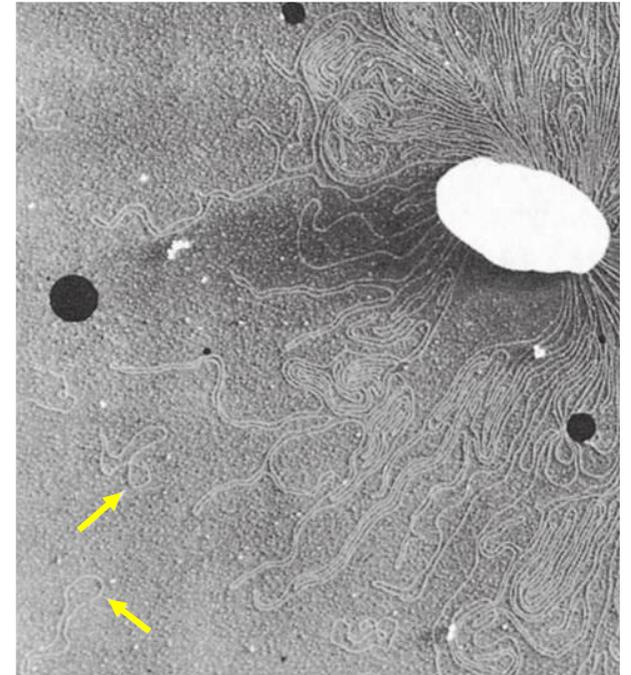


PLÁSMIDOS

Elementos genéticos (ADN) extracromosomales que se replican de forma autónoma.

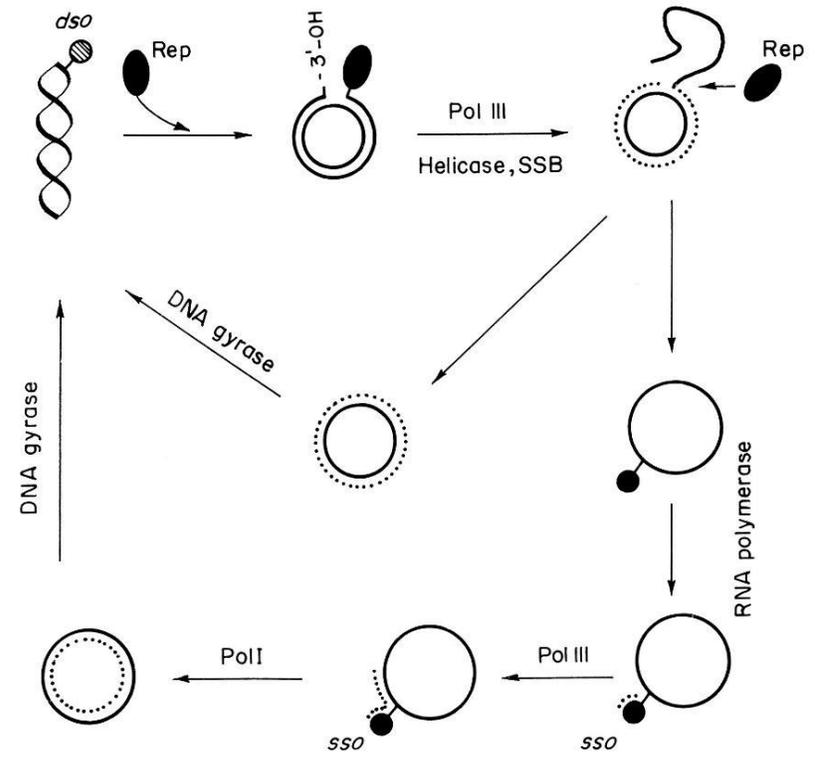


- La mayoría de los plásmidos son ADN de doble cadena (bicatenario) y tienen menos del 5% del tamaño del cromosoma.
- Casi todos son circulares, pero también hay lineales.
- Contienen genes cuyos productos proteicos confieren propiedades importantes a la célula hospedadora (Ej. resistencia a ATB).
- Normalmente PRESCINDIBLES y rara vez contienen genes necesarios para el crecimiento bajo cualquier condición.
- Portan sólo genes NO ESENCIALES (aunque a menudo muy útiles).
- Pueden ser transferidos de célula a célula por el mecanismo de CONJUGACIÓN o se pueden integrar al cromosoma y replicarse en forma conjunta.

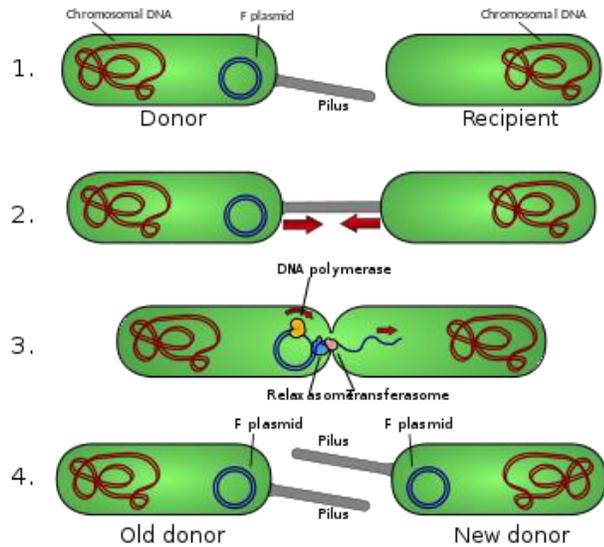
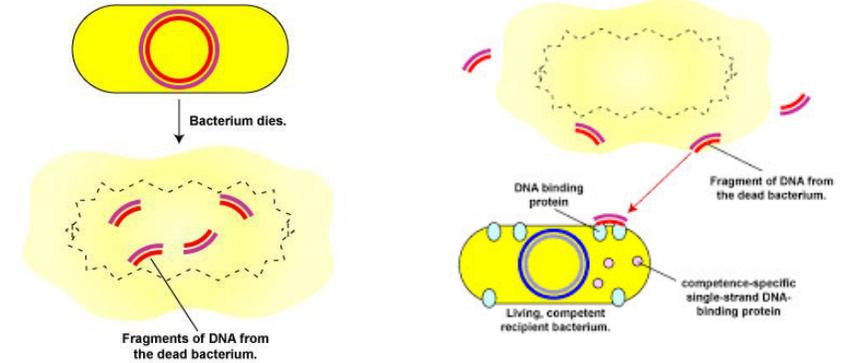


En *E. coli* se han aislado más de 300 plásmidos naturales

- ❖ La mayoría de los plásmidos de las gram - se replican de un modo similar al cromosoma: la iniciación en un origen de replicación y la replicación bidireccional alrededor del círculo.
- ❖ Algunos plásmidos presentan replicación unidireccional, con una sola horquilla de replicación.
- ❖ Debido al pequeño tamaño del ADN del plásmido respecto al del cromosoma, el plásmido se replica muy rápidamente (\approx un décimo del tiempo que emplea la célula en su ciclo de división).



Los plásmidos liberados por la muerte y lisis de sus hospedadoras anteriores pueden ser captados por una nueva célula hospedadora.



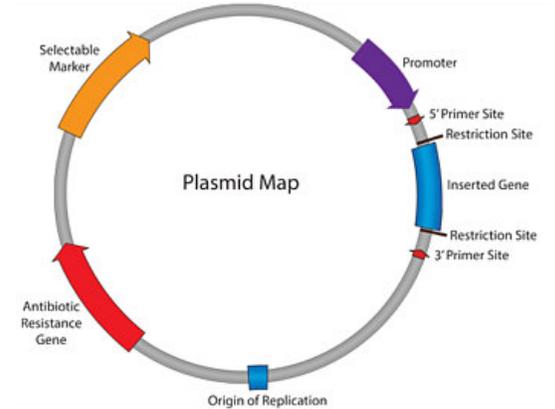
El principal mecanismo de transferencia INTERCELULAR de plásmidos es la CONJUGACIÓN, una función codificada por algunos plásmidos. Implica el contacto entre las 2 células.

Los PLÁSMIDOS CONJUGATIVOS se transfieren entre:

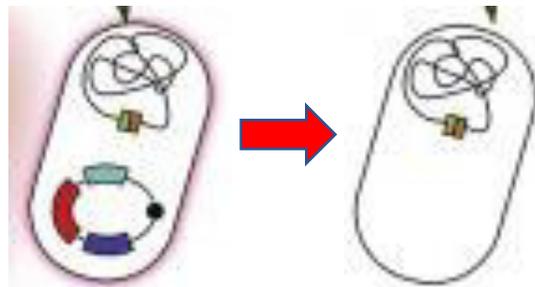
- Bacterias gram - y gram +
- Bacterias y células vegetales
- Bacterias y hongos

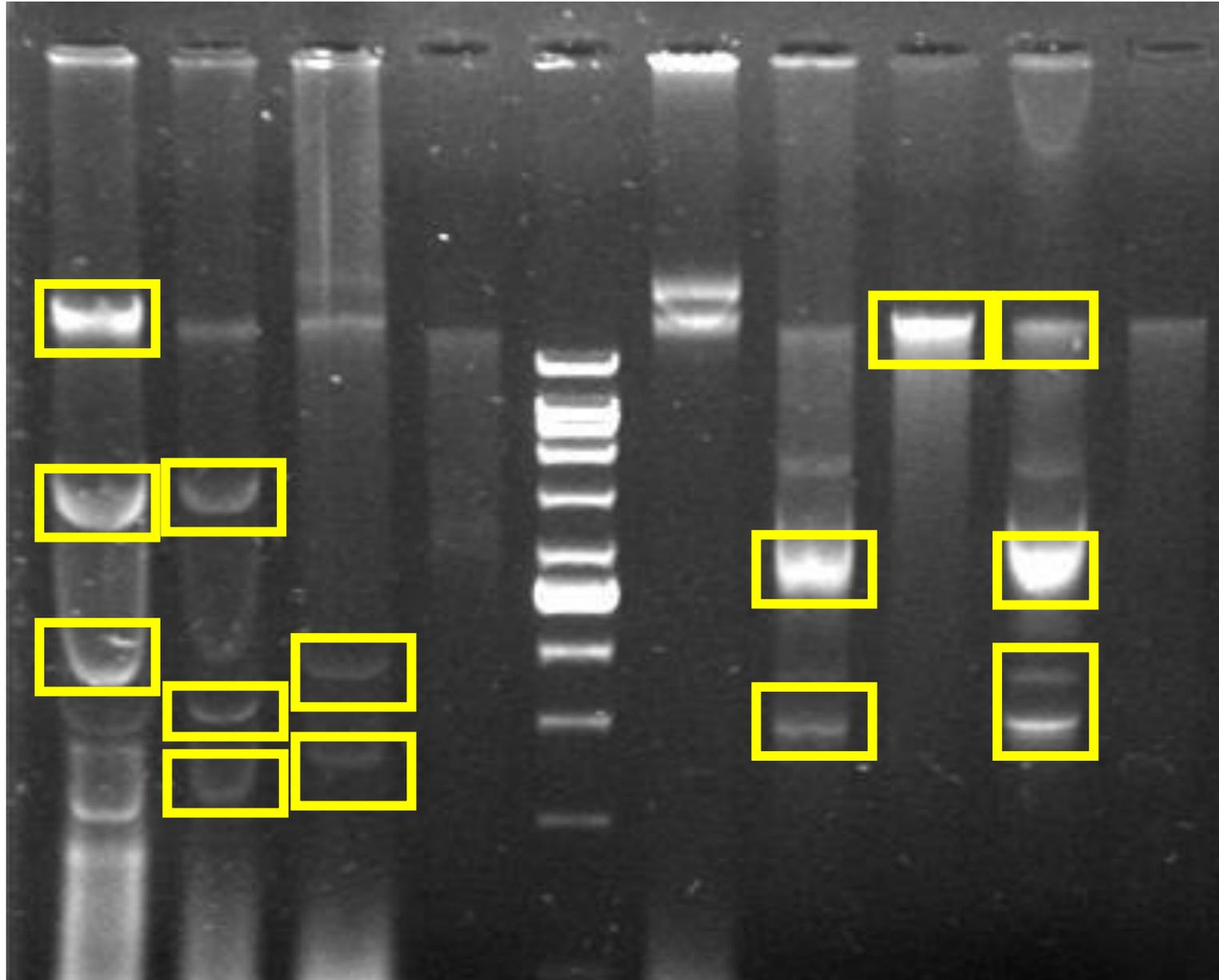
CONTIENEN UNA VARIEDAD DE GENES

- Controlan la producción de toxinas.
- Dan resistencia a ATB, metales pesados y otros compuestos inhibidores.
- Genes capaces de metabolizar herbicidas.
- Genes que permiten el contacto célula a célula, alterando la superficie celular y facilitando la transferencia.

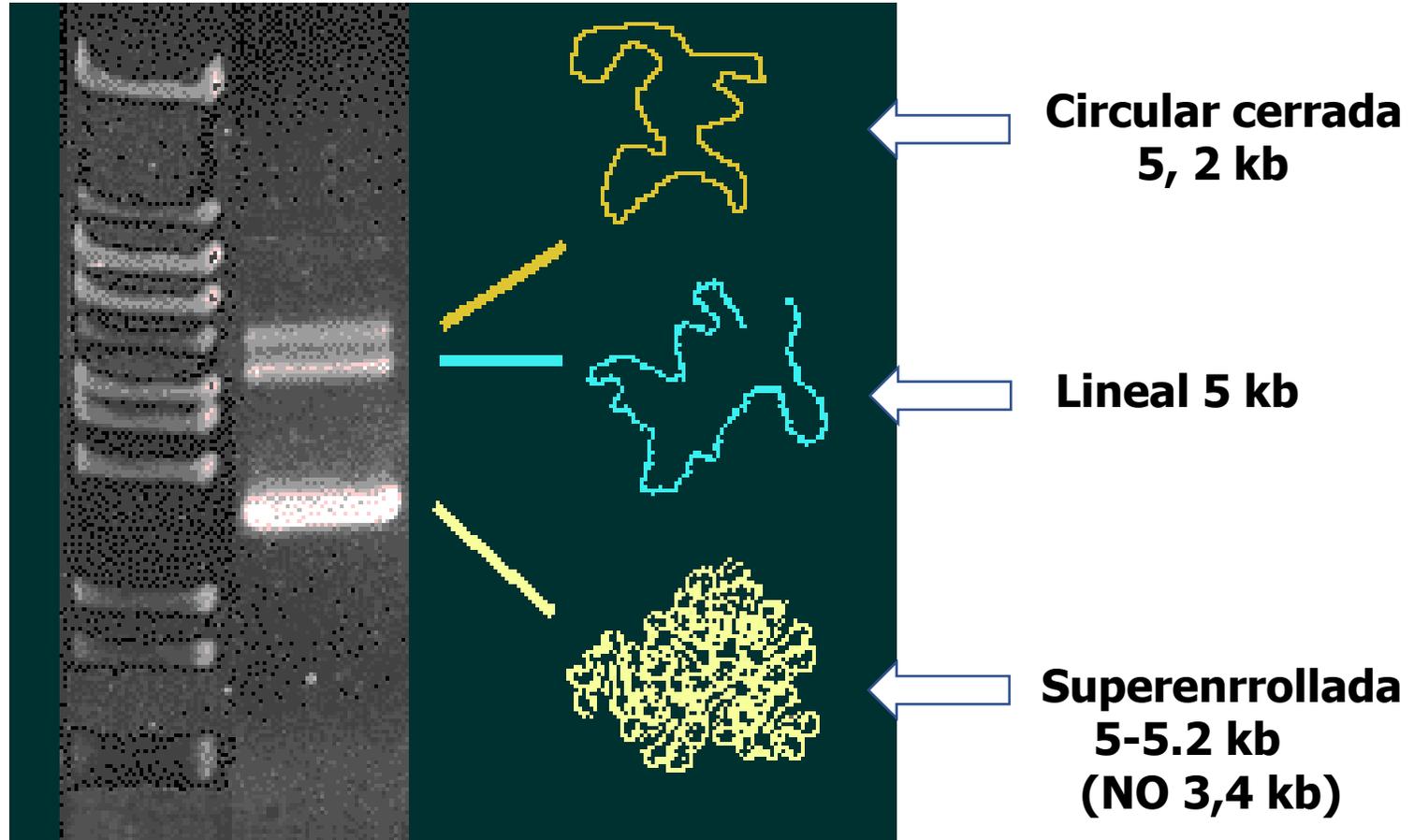


- Los plásmidos se pueden eliminar de la célula hospedadora mediante varios tratamientos.
- Esta eliminación, llamada **CURACIÓN**, es el resultado de la **INHIBICIÓN** de la **REPLICACIÓN** del **PLÁSMIDO** sin la inhibición paralela de la replicación cromosómica.





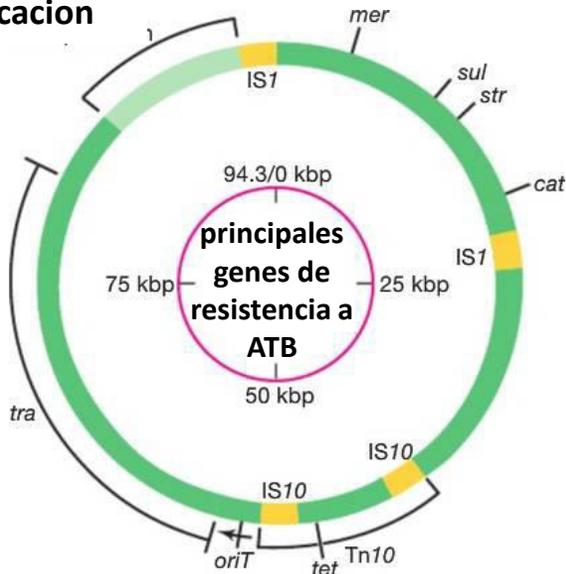
CONFORMACIONES



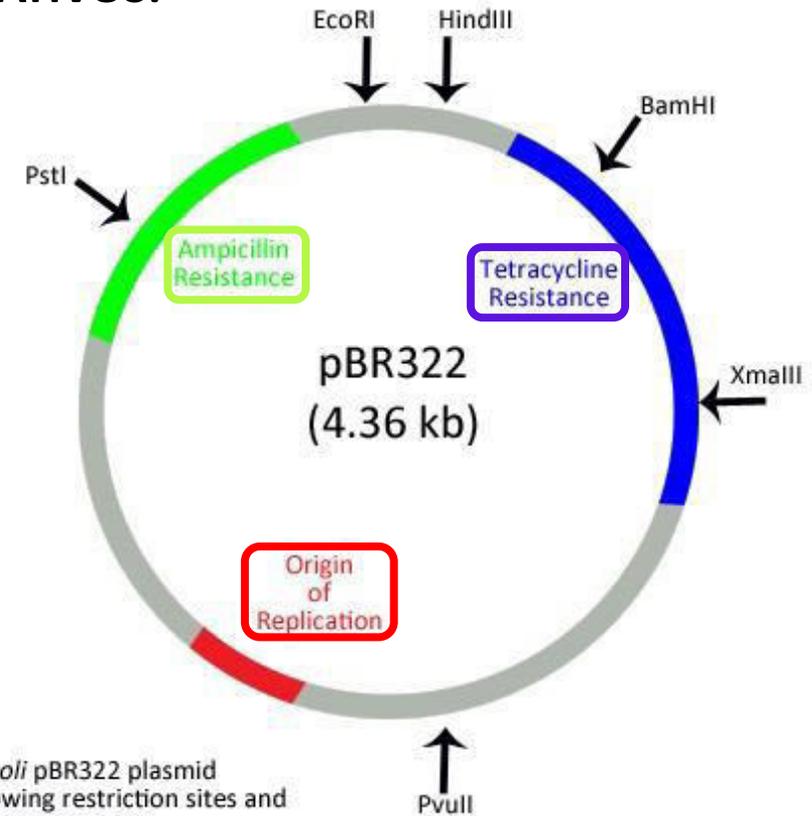
PLÁSMIDO DE RESISTENCIA (PLÁSMIDO R)

- Portan genes de resistencia a ATB y a otros inhibidores del crecimiento.
- Pueden conferir resistencia a varios ATB a la vez.
- Se transfieren de una bacteria a otra por CONJUGACIÓN.
- Los genes de los plásmidos R suelen codificar enzimas capaces de modificar el ATB e inactivarlo, o codificar enzimas que impiden la entrada del ATB o lo expulsan.
- Otros mecanismos de transferencia de material genético implicados en la ganancia de resistencia son la TRANSFORMACIÓN, TRANSDUCCIÓN, PLÁSMIDOS NO CONJUGATIVOS.

Funciones de replicación



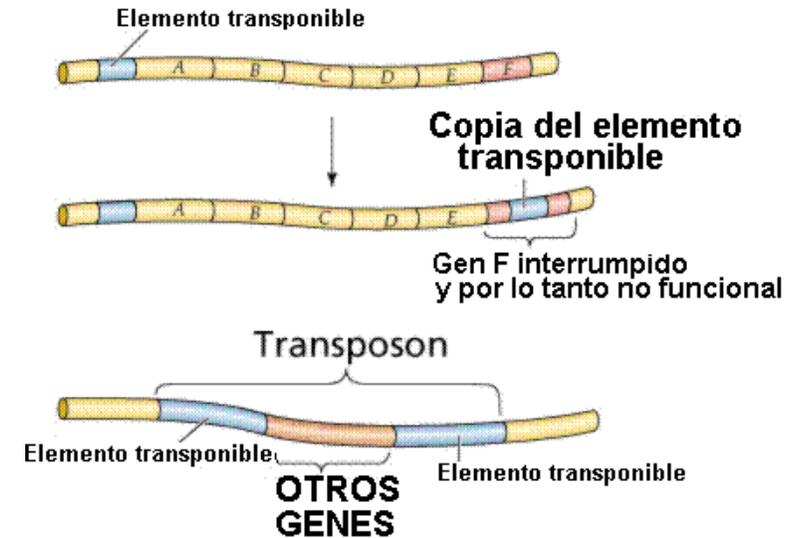
Codifican proteínas que inactivan el ATB o bien protegen la célula por algún otro mecanismo.



E. coli pBR322 plasmid showing restriction sites and resistance genes.

ELEMENTOS TRANSPONIBLES

- ❖ Segmentos de ADN que pueden desplazarse de un sitio de una molécula de ADN a otro sitio de la MISMA molécula o de una molécula de ADN diferente.
- ❖ Los elementos transponibles no se encuentran como moléculas de ADN independientes, sino que están insertos en otras moléculas de ADN que forman cromosomas, plásmidos o genomas víricos.



NO POSEEN su propio origen de replicación, por lo que se replican cuando lo hace la molécula de ADN hospedador en la que están insertos.

En procariotas existen 3 tipos principales de elementos transponibles:

TRANSPOSONES

SECUENCIAS DE INSERCIÓN

VIRUS ESPECIALES

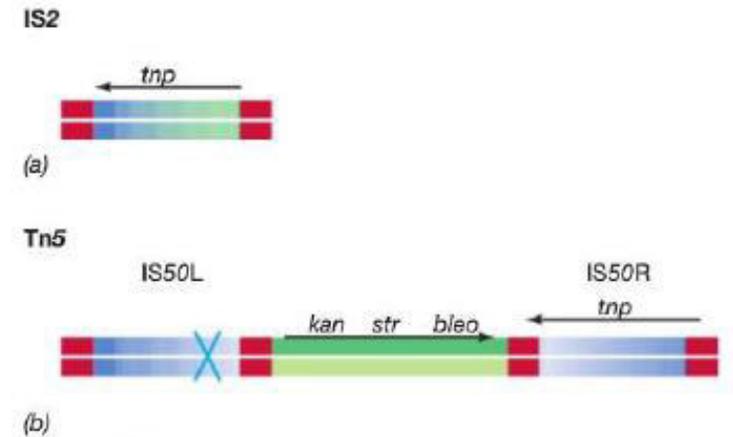
TRANSPOSONES

Contienen genes que codifican la TRANSPOSASA → EZ necesaria para la transposición

Tienen cortas repeticiones invertidas en los extremos

La TRANSPOSASA reconoce las repeticiones invertidas y mueve el segmento de ADN flanqueado por ellas de un sitio a otro.

La transposasa reconoce, corta y liga el ADN durante la transposición.

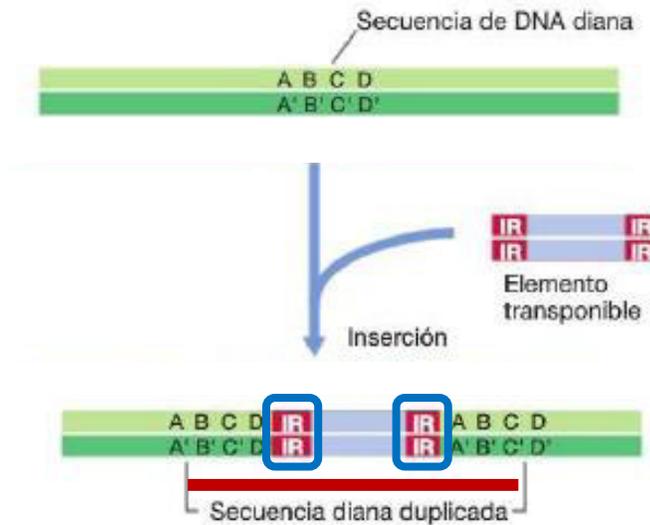


- ❖ Los genes incluidos en los transposones varían mucho.
- ❖ Algunos de ellos, como los genes de resistencia a ATB, confieren importantes propiedades al organismo que alberga el transposón.
- ❖ Como la resistencia a ATB es importante y fácil de detectar, los transposones más ampliamente investigados tienen genes de resistencia a ATB como marcadores seleccionables.

TRANSPOSICIÓN

La inserción de un elemento transponible genera una duplicación de la secuencia diana

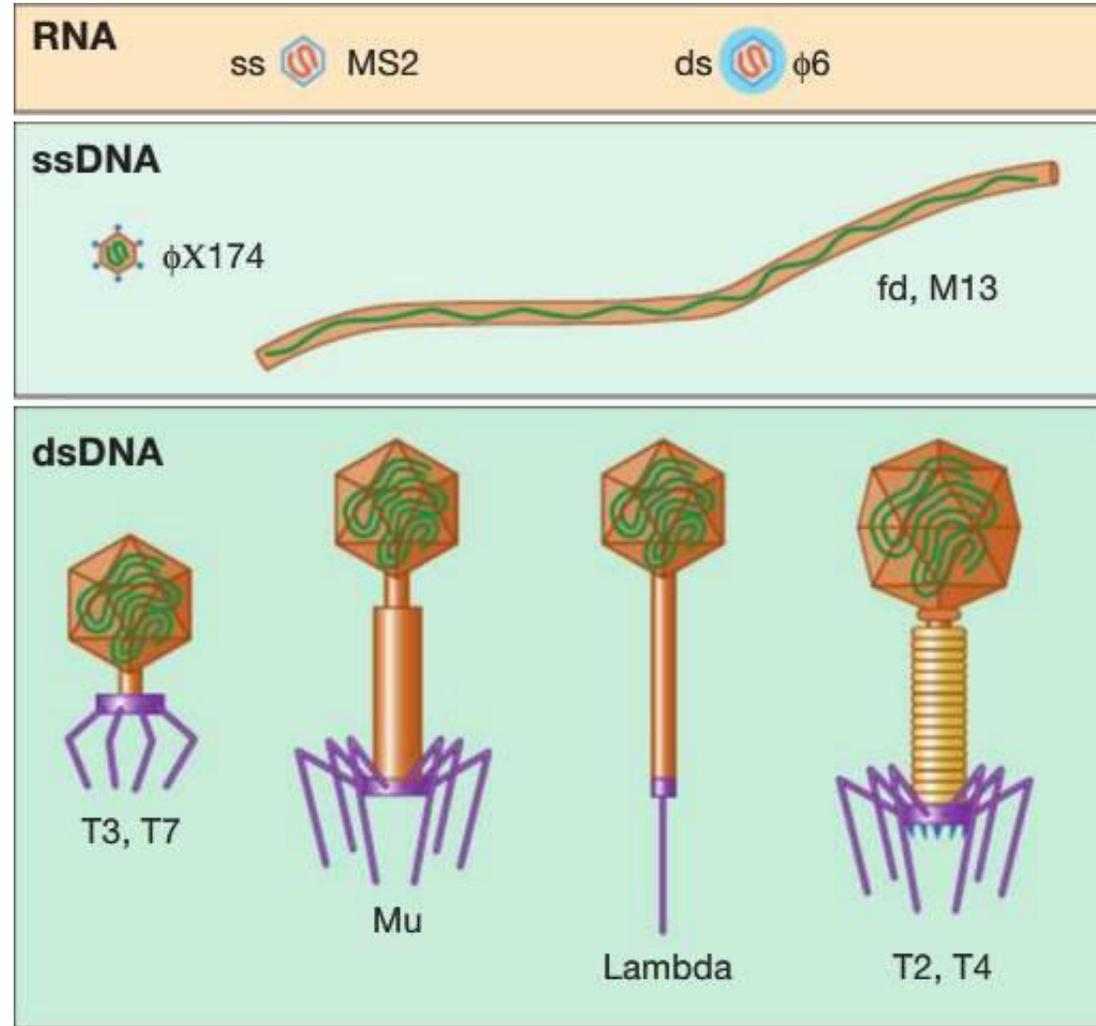
- ❖ La duplicación surge porque la transposasa realiza cortes en 1 sola cadena del ADN.
- ❖ Después se une el elemento transponible a los extremos de cadena sencilla que se han generado.
- ❖ Por último, las EZ del hospedador reparan las porciones de cadena sencilla, lo que tiene como resultado la duplicación.



Repeticiones invertidas (IR) en los extremos del elemento transponible

VIRUS BACTERIANOS (BACTERIÓFAGOS)

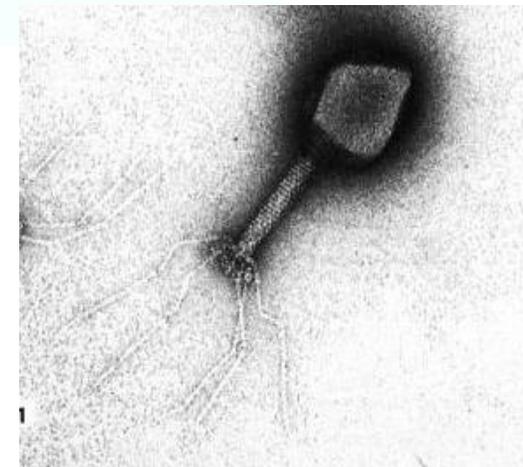
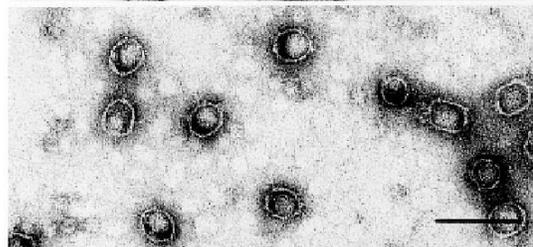
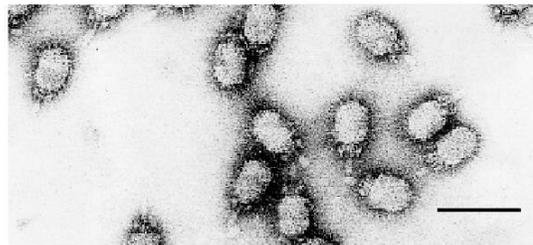
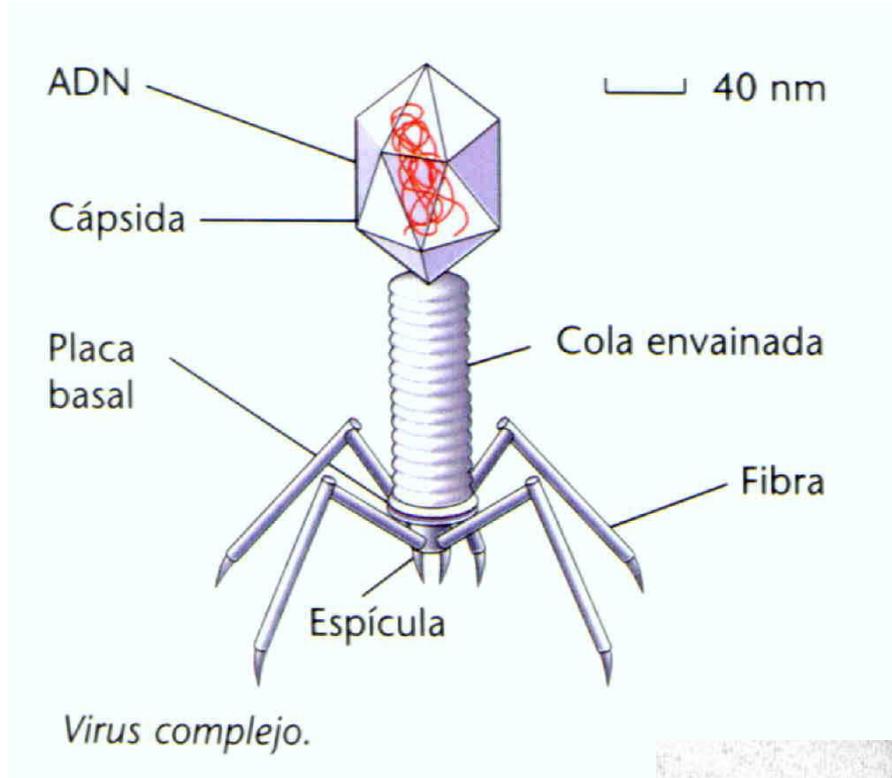
Virus que infectan células procariotas



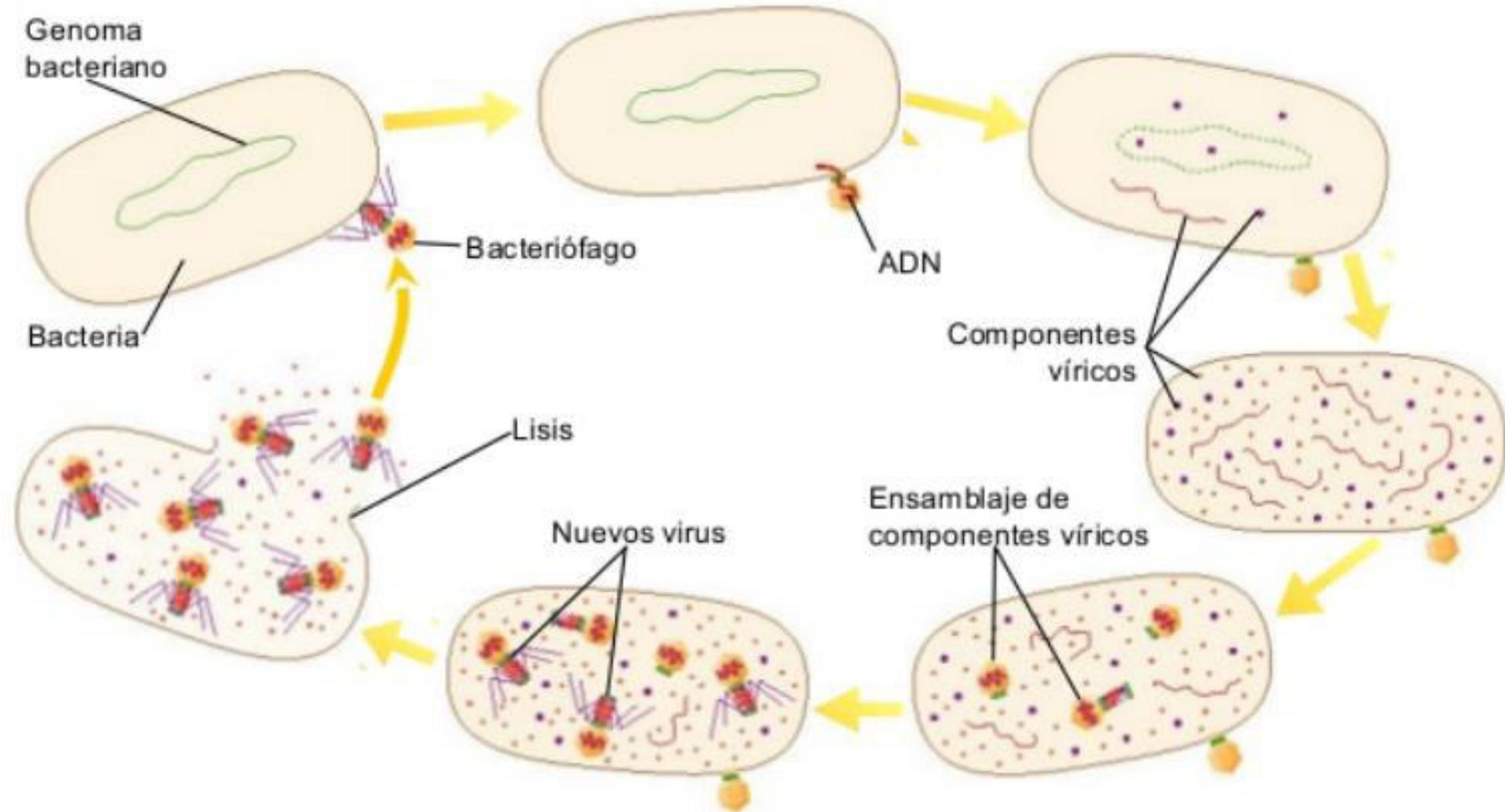
BACTERIÓFAGOS: ESTRUCTURA

Cabeza

Sistema de anclaje



BACTERIÓFAGOS: CICLO





CICLO LÍTICO

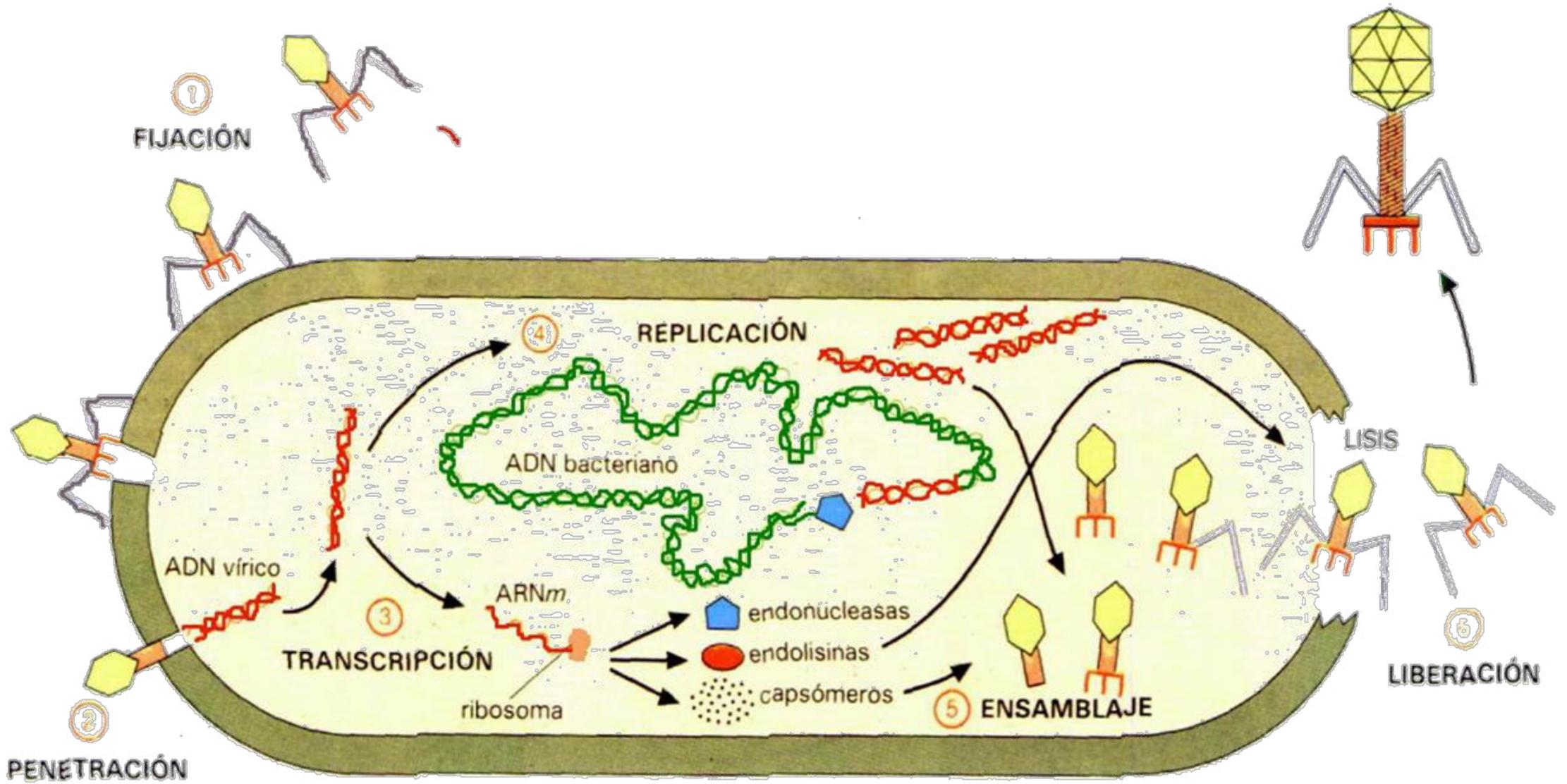


Principal método de replicación viral.

Involucra la destrucción y muerte de células infectadas por rotura al liberarse las nuevas copias virales.

Fases:

- 1. Fase de adsorción o fijación: El virus se une a la célula hospedadora de forma estable. La unión es específica, ya que el virus reconoce complejos moleculares de tipo proteico, lipoproteico o glucoproteico, presentes en las membranas celulares.**
- 2. Fase de penetración o inyección: el ácido nucleico viral entra en la célula mediante una perforación que el virus realiza en la pared bacteriana.**
- 3. Fase de Biosíntesis: Los componentes virales son sintetizados, en esta fase no se observan copias del virus, pero se está produciendo la síntesis de ARN (duplicación y transcripción de ARN) necesario para generar las copias de proteínas de la cápside. También se producen ácidos nucleicos virales y enzimas destructoras del ADN bacteriano.**
- 4. Fase de Maduración: en esta fase se produce la unión de los capsómeros para formar la cápside y el empaquetamiento del ácido nucleico viral dentro de ella (maduración de los virus).**
- 5. Fase de lisis o ruptura o liberación: conlleva la muerte celular. Los viriones salen de la célula, mediante la rotura enzimática de la pared bacteriana. Estos nuevos virus se encuentran en situación de infectar una nueva célula.**



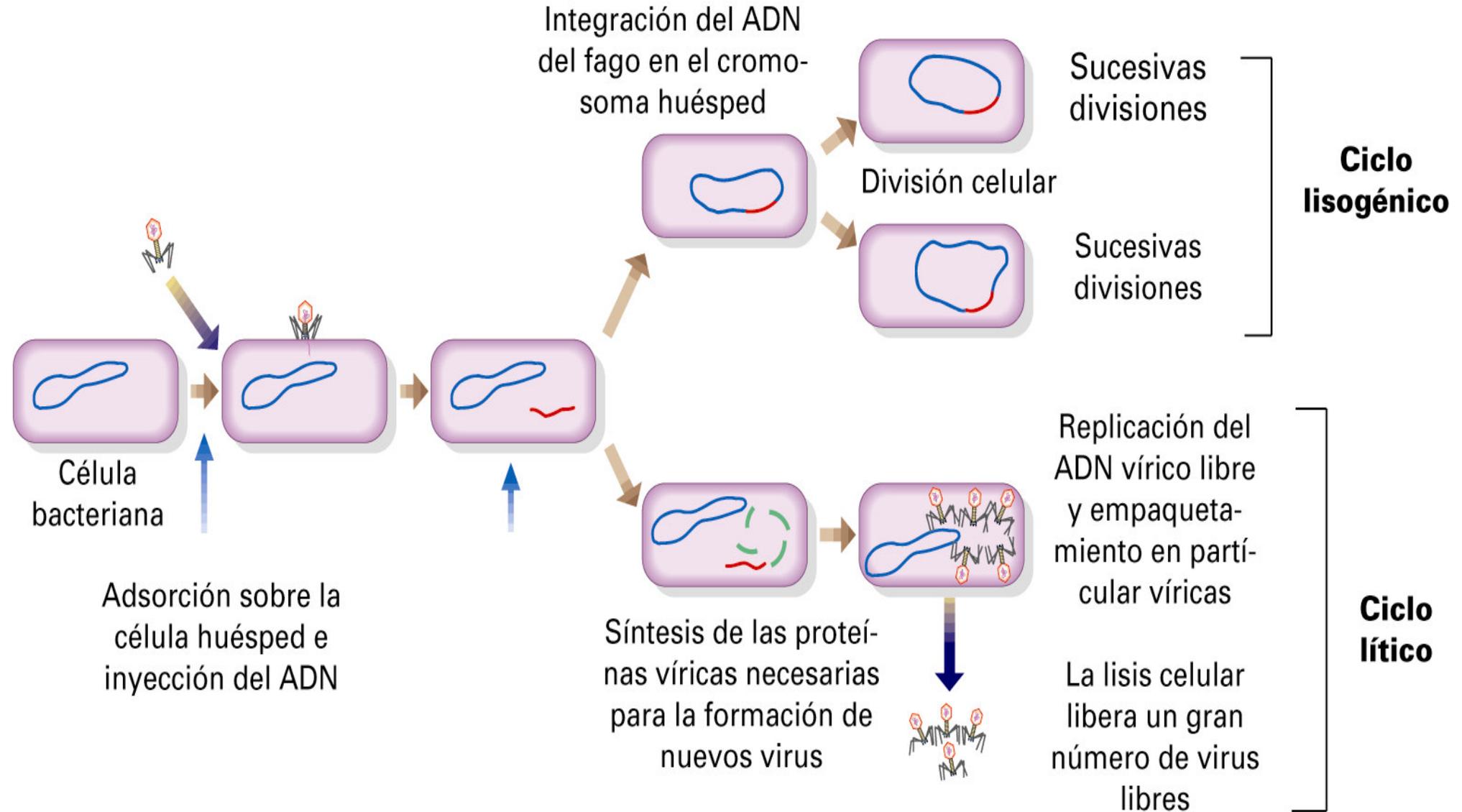


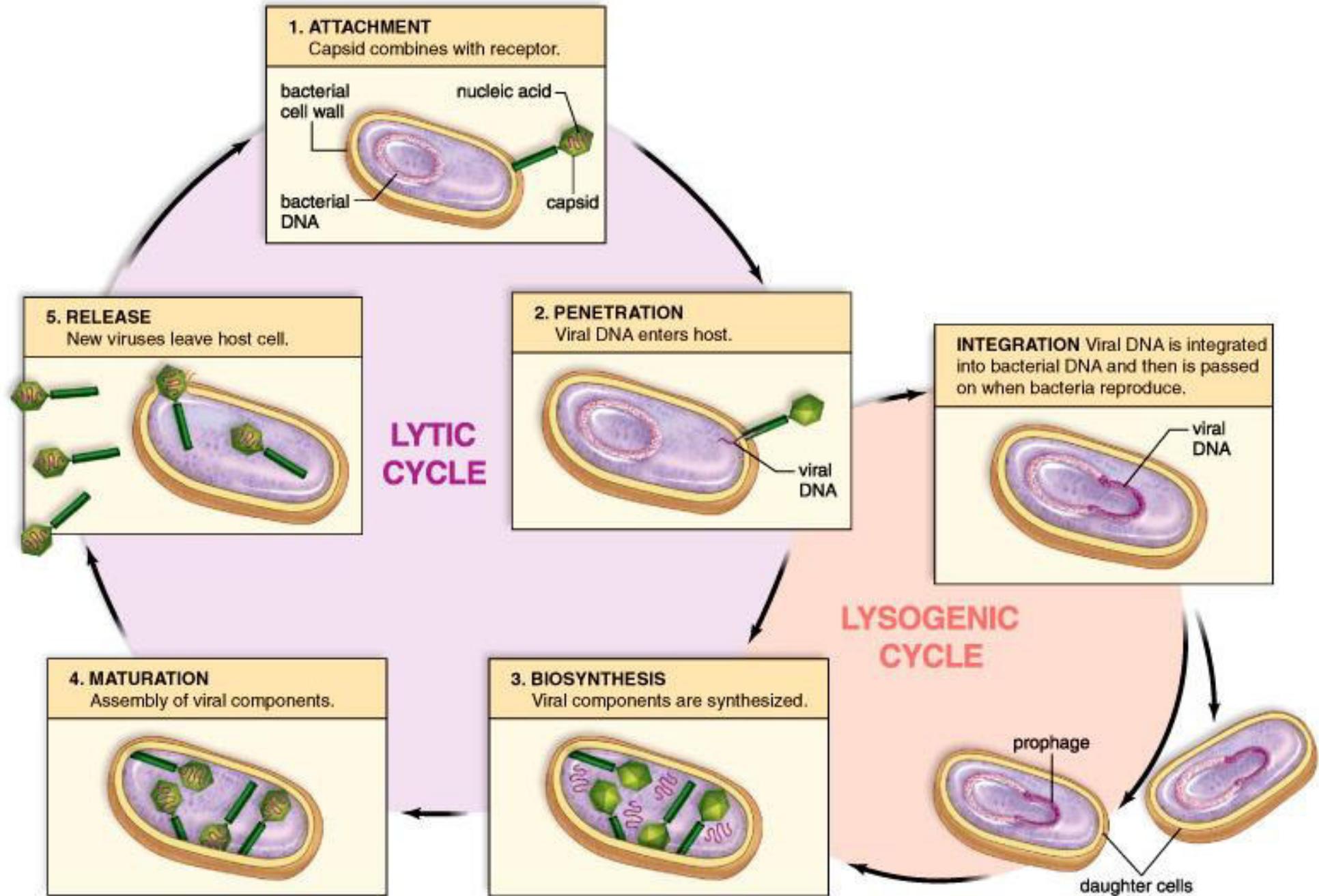
CICLO LISOGÉNICO

Presenta 2 fases iguales al del ciclo lítico:

- **La fase de ANCLAJE y la fase de PENETRACIÓN** (el virus se pega a la pared de la bacteria o célula a partir de una serie de mecanismos de anclaje y penetra o introduce su ácido nucleico en el interior de dicha bacteria o célula).
- **En la fase de BIOSÍNTESIS**, el ácido nucleico viral (ADN bicatenario), se recombina con el ADN bacteriano y permanece inactivo.
- **Esta forma viral se denomina prófago y la célula infectada se denomina célula lisogénica que se puede mantener así indefinidamente e incluso puede llegar a reproducirse.**
- **Un cambio en el medio celular, va a llevar consigo un cambio celular y con él, la liberación del prófago, convirtiéndose en un virus activo que continuará con el ciclo infeccioso o ciclo lítico.**
- **Fase de ENSAMBLAJE:** el virus se forma en su interior uniéndose la cápsula y el ácido nucleico.
- **Fase de LIBERACIÓN o LISIS**, en la que se libera el virus llevando consigo la destrucción celular.

CICLOS LÍTICO Y LISOGÉNICO



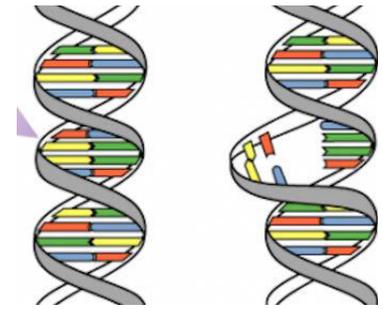


MUTACIONES BACTERIANAS



Son modificaciones heredables en la secuencia de bases del genoma de un organismo

- Pueden llevar a cambios (algunos buenos y otros malos).
- Las mutaciones que sólo cambian UN PAR de bases se llaman **MUTACIONES PUNTUALES** y son causadas por sustituciones en el ADN o por pérdida o ganancia de **SOLO UN PAR DE BASES**.



- ❖ Un mutante difiere de su cepa progenitora en el genotipo, la secuencia nucleotídica del genoma.
- ❖ Pero además, las propiedades observables del mutante (fenotipo) también pueden verse alteradas respecto a la cepa progenitora.
- ❖ Este fenotipo alterado recibe el nombre de fenotipo **MUTANTE**.

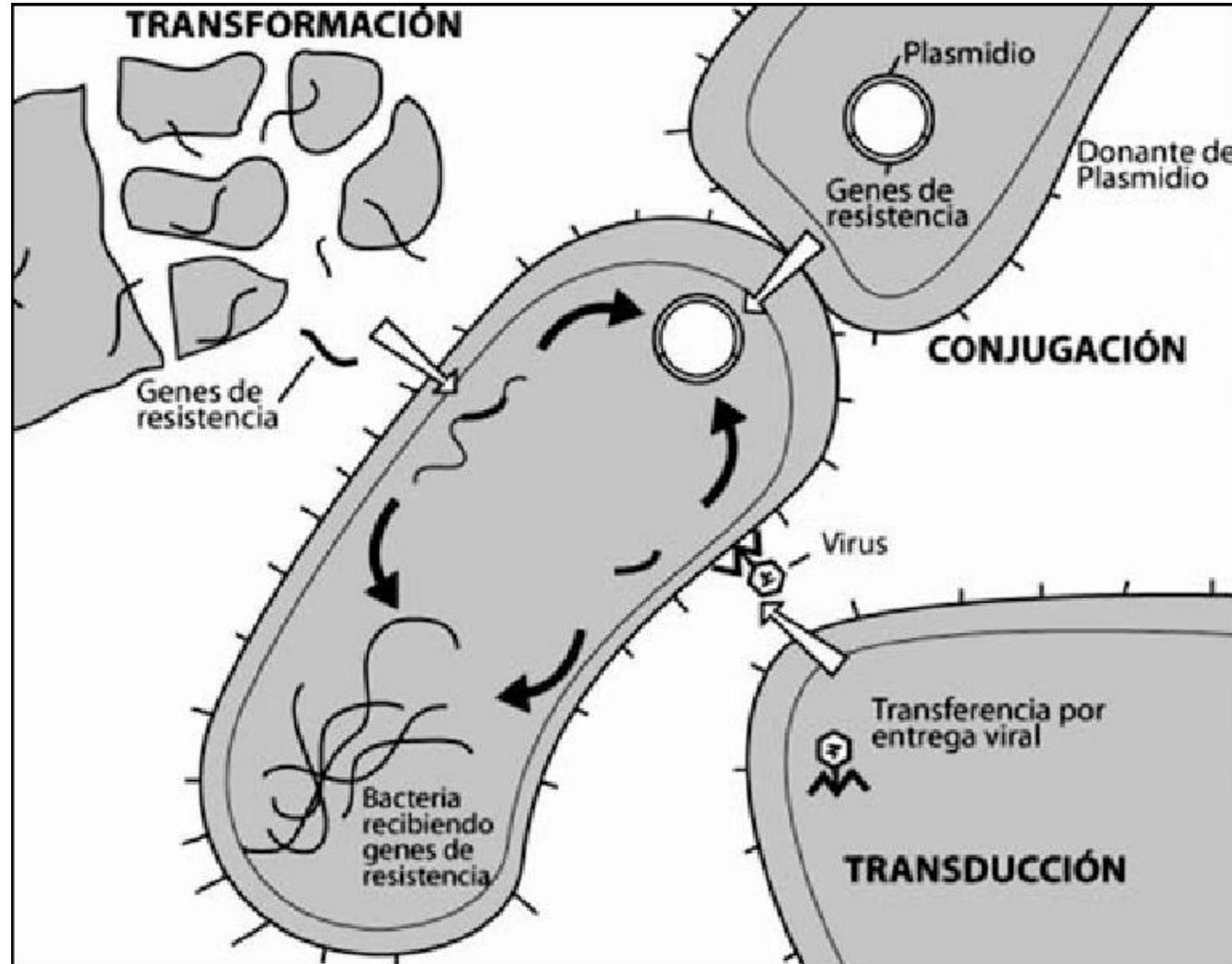
IMPULSORAS DEL PROCESO EVOLUTIVO



LOS PROCARIOTAS NO SE REPRODUCEN SEXUALMENTE



Poseen mecanismos de transferencia horizontal que permiten la transferencia génica

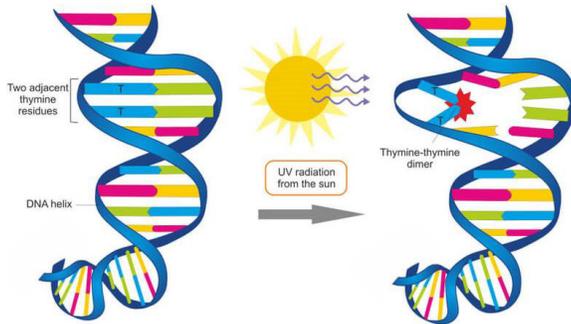


LAS MUTACIONES PUEDEN SER

ESPONTÁNEAS

Ocurren sin intervención humana
(frecuencia muy baja)

Por exposición a la radiación natural (rayos cósmicos, γ , UV, etc.), errores en el apareamiento de bases durante la replicación del ADN que altera la estructura de las bases



1 de cada 10^8 células de una población contiene una mutación detectable en un gen determinado.

Esta frecuencia puede aumentar notablemente por acción de agentes *mutágenos* o *mutagénicos*.

INDUCIDAS

Se realizan deliberadamente

El cambio fenotípico provocado por una mutación puntual depende de dónde se produce exactamente la mutación en el gen, qué nucleótido se modifica y qué producto codifica ese gen.

En la mayoría de los casos las mutaciones producen individuos que NO pueden adaptarse y NO sobreviven.

MUTACIONES SILENCIOSAS

La sustitución de una base por otra en la cadena de ADN, no significa necesariamente un cambio en el aminoácido que codificará dicha porción del genoma y por lo tanto no producirá ningún cambio en la apariencia o funcionalidad de la bacteria.



MUTACIONES NO SILENCIOSAS



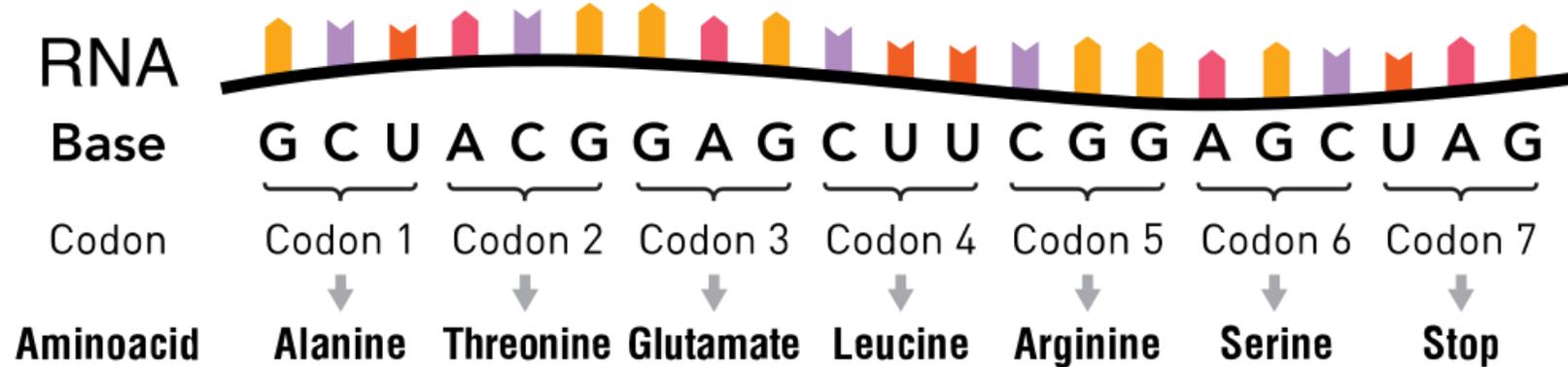
Las mutaciones producidas por deleciones o inserciones de fragmentos de ADN pueden afectar la capacidad de formar una proteína y por lo tanto producir una alteración en la apariencia o funcionalidad de la célula.

2da base del codón

		U	C	A	G				
1ra base del codón	U	UUU } Phe UUC } UUA } Leu UUG }	UCU } UCC } SER UCA } UCG }	UAU } Tyr UAC } UAA } UAG }	UGU } Cys UGC } UGA } UGG } Trp	U	C	A	G
	C	CUU } CUC } Leu CUA } CUG }	CCU } CCC } Pro CCA } CCG }	CAU } His CAC } CAA } Gln CAG }	CGU } CGC } Arg CGA } CGG }	U	C	A	G
	A	AUU } Ile AUC } AUA } AUG } Met	ACU } ACC } Thy ACA } ACG }	AAU } Asn AAC } AAA } Lys AAG }	AGU } Ser AGC } AGA } Arg AGG }	U	C	A	G
	G	GUU } GUC } Val GUA } GUG }	GCU } GCC } Ala GCA } GCG }	GAU } Asp GAC } GAA } Glu GAG }	GGU } GGC } Gly GGA } GGG }	U	C	A	G
						3ra base del codón			

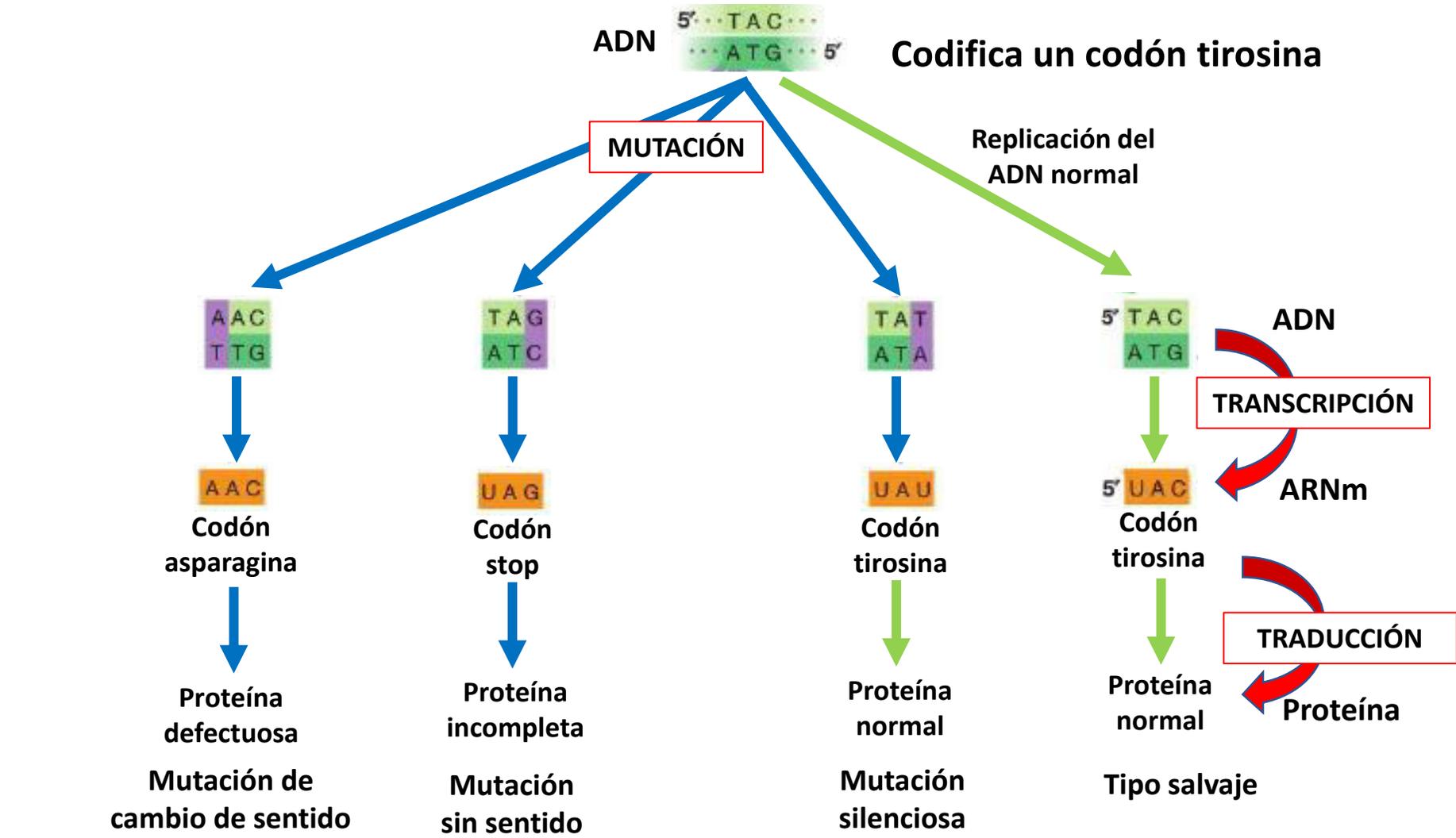
BASES MOLECULARES DE LA MUTACIÓN

Como el código genético se lee desde un extremo del ácido nucleico en bloques consecutivos de 3 bases (codones), cualquier deleción o inserción de 1 solo par de bases provoca un desplazamiento de la pauta de lectura



- ❖ Si una mutación puntual se produce en la región codificante de un gen que codifica un polipéptido, cualquier cambio en el fenotipo de la célula se debe, casi con seguridad, al cambio en la secuencia aminoacídica del polipéptido.
- ❖ El error o cambio en el ADN es transcrito al ARNm, y el ARNm erróneo, a su vez, se traduce para dar un polipéptido diferente.

CONSECUENCIAS DE VARIAS SUSTITUCIONES DE PARES DE BASES



La secuencia de aminoácidos en el polipéptido ha cambiado.

Terminación prematura de la traducción y la síntesis de un polipéptido incompleto que seguro no será funcional

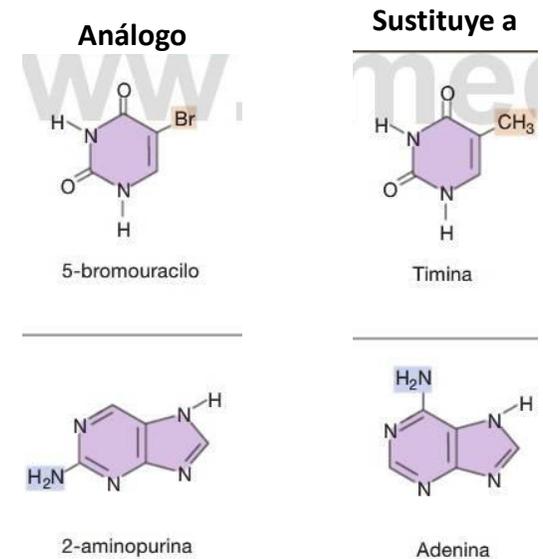
NO afecta al fenotipo de la célula

MUTÁGENOS

Agentes químicos, físicos y biológicos que inducen mutaciones

QUÍMICOS Análogos de bases nucleotídicas

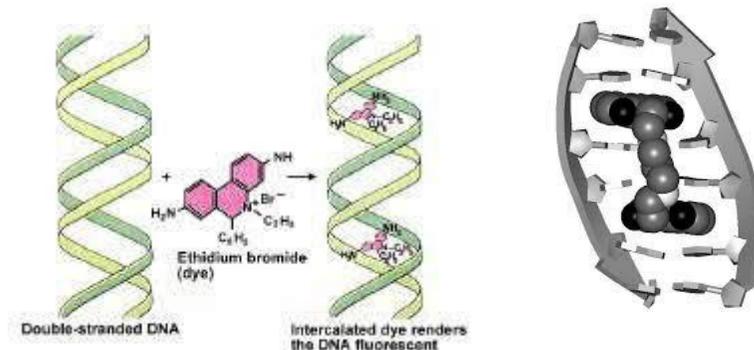
- Moléculas que se parecen estructuralmente a las bases purínicas y pirimidínicas del ADN pero presentan propiedades de apareamiento diferentes.
- Si uno de estos análogos de bases se incorpora al ADN en lugar de la base natural, el ADN se puede replicar normalmente la mayoría del tiempo.



Otros mutágenos químicos inducen modificaciones químicas en una base u otra y provocan errores en el apareamiento o cambios relacionados

AGENTES INTERCALANTES

Mutágenos se insertan entre 2 pares de bases de ADN y en el proceso las separan

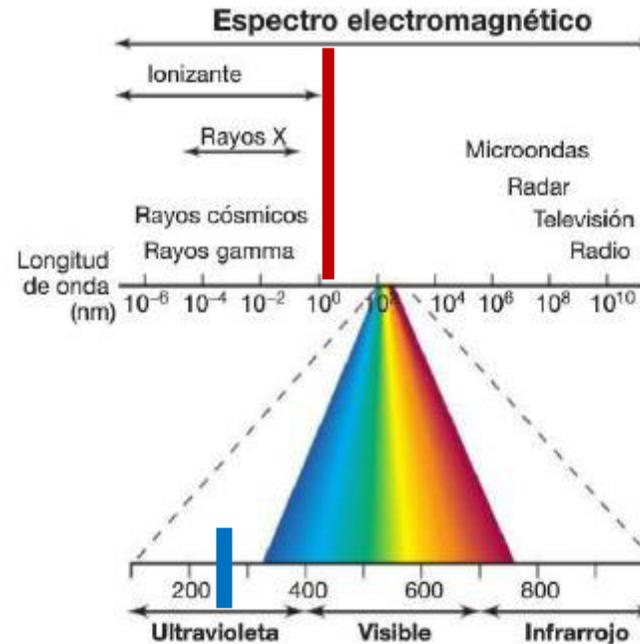


RADIACIÓN

La radiación electromagnética mutágena se divide en 2 categorías principales

IONIZANTE

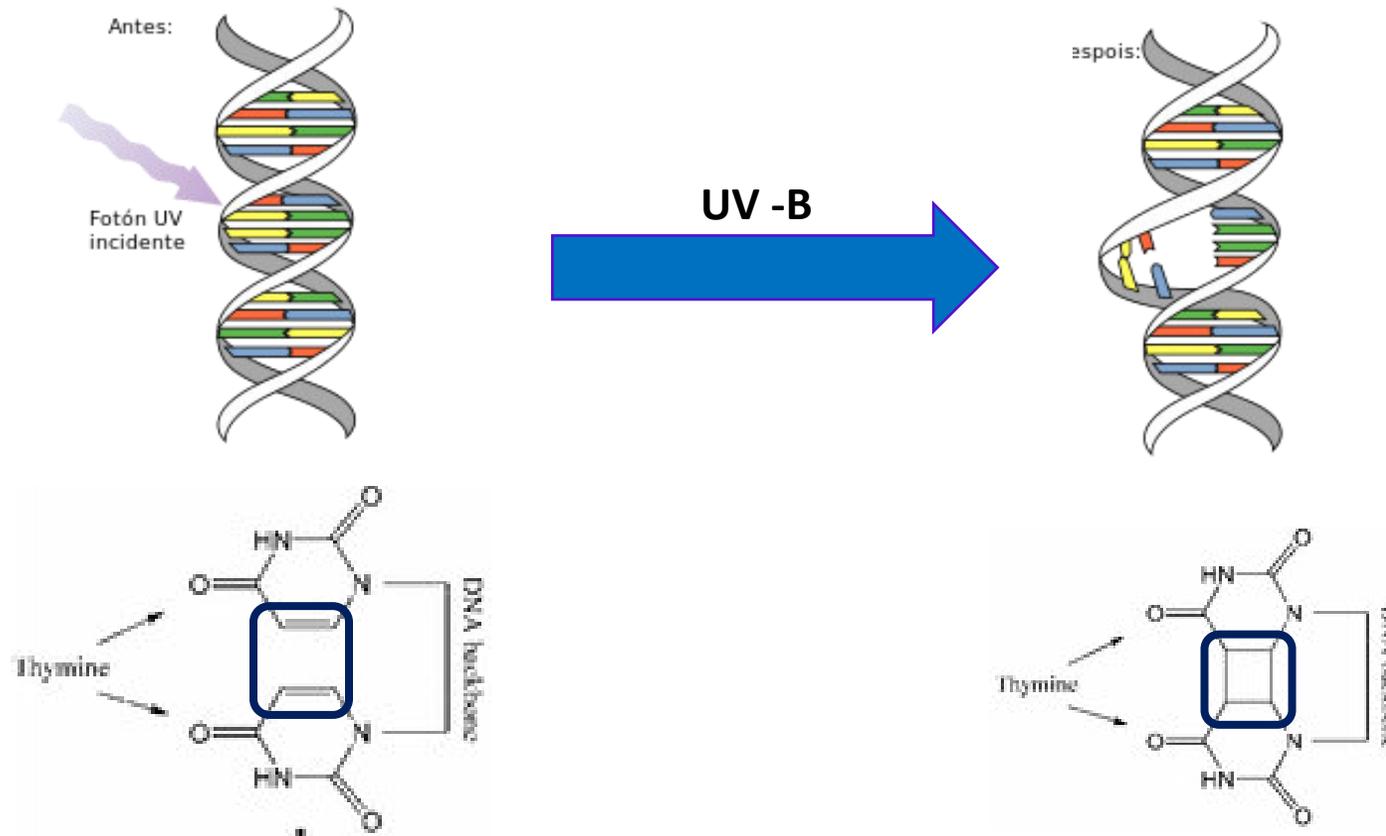
NO IONIZANTE



La radiación NO ionizante como la UV está mucho más extendida en genética microbiana

Las bases purínicas y pirimidínicas de los ácidos nucleicos absorben fuertemente la radiación UV siendo el máximo de absorción para el ADN y el ARN 260 nm

- ❖ La muerte celular por radiación UV es debida a su efecto sobre el ADN.
- ❖ Un efecto es la producción de DÍMEROS DE PIRIMIDINA, en los que 2 bases de pirimidina adyacentes (citosina o timina) en la misma cadena de ADN se unen covalentemente entre sí.
- ❖ Esto impide el paso de la ADN polimerasa o aumenta en gran medida la probabilidad de que se equivoque al leer la secuencia en este punto.



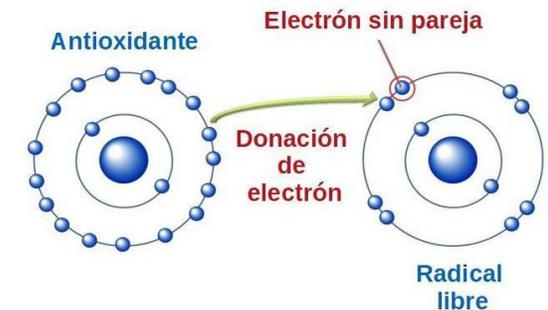
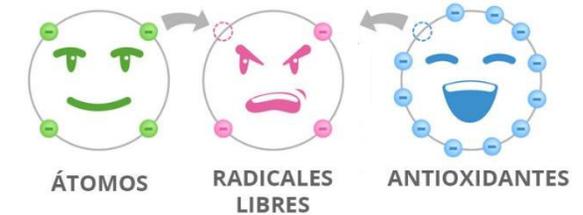
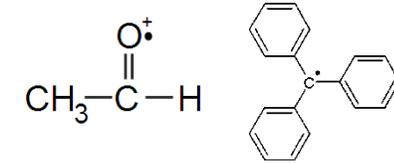
RADIACIÓN IONIZANTE

Forma más potente de radiación que la UV

Rayos de onda corta ($\downarrow \lambda$)

- ✓ Rayos X
- ✓ Rayos cósmicos
- ✓ Rayos gamma

- ❖ Sus efectos mutágenos se deben indirectamente a esa ionización.
- ❖ Entre las poderosas sustancias químicas que se forman por la radiación ionizante están los radicales libres, el más importante es el radical hidroxilo $\text{OH}\cdot$.
- ❖ Los radicales libres reaccionan y dañan las macromoléculas de la célula, siendo la más importante el ADN.
- ❖ A dosis altas de radiación ionizante se producen daños en el ADN que provoca la muerte de la célula.





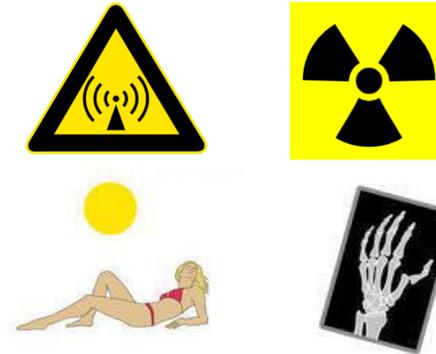
QUÍMICOS

- Sustancias semejantes a las bases púricas o pirimidínicas que las reemplazan originando el cambio en la secuencia de ADN.
- Acido nitroso (agente desaminante) desaminación oxidativa de la adenina y la citosina, originando transiciones.
- Humo del cigarrillo, nitratos y conservantes de alimentos, peróxido de benzoilo (Prod. contra el acné).



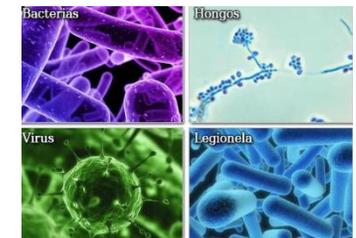
FÍSICOS

- Radiaciones ionizantes (α , β , rayos x, rayos γ y cósmicos).
- Radiaciones no ionizantes (UV).



BIOLÓGICOS

- Bacterias, virus, hongos: Interfieren en el material genético de la célula a la que parasitan o afectan, provocando así alteraciones en el material genético de ésta.





ESTUDIOS DE MUTAGENICIDAD



- ❖ **Uso práctico de las mutaciones bacterianas para detectar sustancias químicas potencialmente peligrosas.**
- ❖ **Las bacterias se pueden utilizar para buscar productos químicos con mutagenicidad potencial.**
- ❖ **Importante porque muchas sustancias mutagénicas son también cancerígenas, capaces de causar cáncer en humanos u otros animales.**

La variedad de productos químicos, tanto naturales como artificiales, con los que entran en contacto los seres humanos a través de la agricultura y la exposición en la industria es enorme.



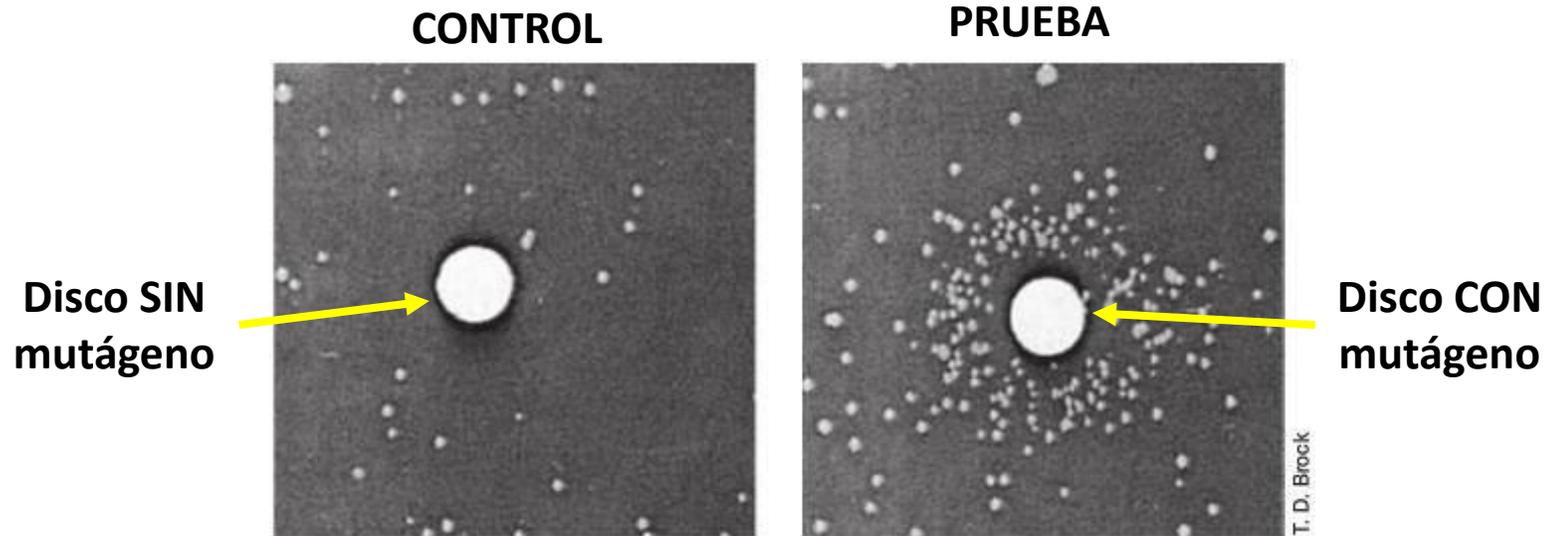
UN COMPUESTO MUTÁGENO NO ES NECESARIAMENTE TAMBIÉN CANCERÍGENO

La correlación, sin embargo, es alta, y el saber que un compuesto es mutagénico para las bacterias es una advertencia de posible peligro.

ENSAYO DE MUTAGÉNESIS PARA CARCINÓGENOS



Prueba de Ames para una sustancia química



- ❖ Se inoculan 2 placas con un cultivo de un MUTANTE de *Salmonella enterica* AUXÓTROFO para la HISTIDINA.
- ❖ El medio NO CONTIENE histidina, de modo que sólo las células que reversionen hacia el tipo salvaje (mutan) pueden crecer.
- ❖ Aparecen REVERTIENTES ESPONTÁNEOS en las 2 placas, pero el producto químico del disco de papel de filtro en la placa de la PRUEBA provoca un aumento en la tasa de mutación, como se observa por el gran número de colonias que lo rodean.
- ❖ El disco de papel de filtro de la placa del CONTROL sólo tenía agua.

LOS ELEMENTOS TRANSPONIBLES COMO AGENTES CAUSANTES DE MUTACIONES

- ❖ Cuando un transposón se inserta en el interior de un gen, este sufre una mutación.
- ❖ Las mutaciones debidas a la inserción de un transposón se producen de forma natural.
- ❖ El uso de transposones para generar mutaciones es un modo conveniente de crear mutantes bacterianos en el laboratorio.



- ✓ Normalmente se utilizan transposones que contienen genes de resistencia a ATB.
- ✓ El transposón se introduce en la célula diana mediante un fago o un plásmido que no pueda replicarse en ese hospedador en concreto.
- ✓ En consecuencia, las colonias resistentes a ATB serán debidas principalmente a la inserción de un transposón en el genoma.

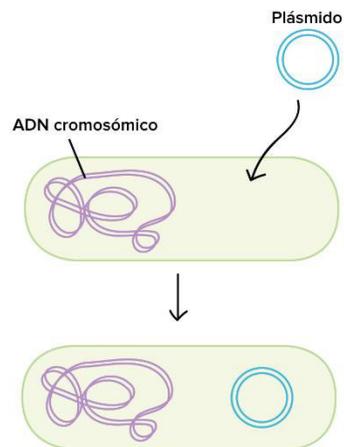
RECOMBINACIÓN GENÉTICA E INTERCAMBIO

Intercambio físico de ADN entre elementos genéticos.

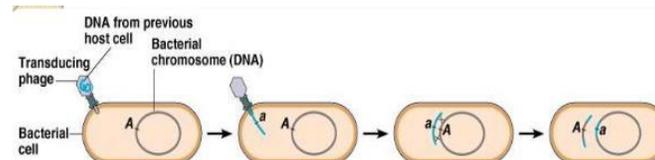
- ❖ Elementos genéticos de **DIFERENTES INDIVIDUOS** se combinan.
- ❖ El intercambio se realiza a través de la transferencia de una porción del genoma de una célula **DONADORA** a otra **RECEPTORA**.



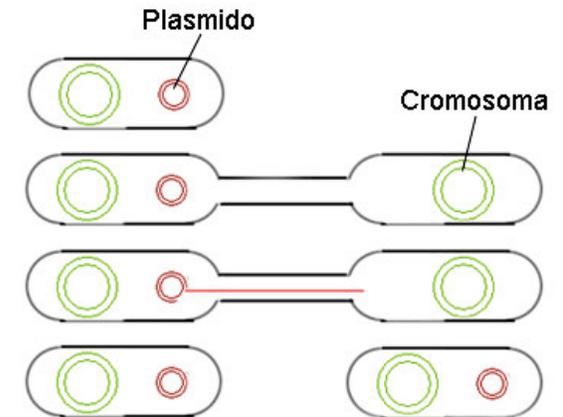
TRANSFORMACIÓN



TRANSDUCCIÓN

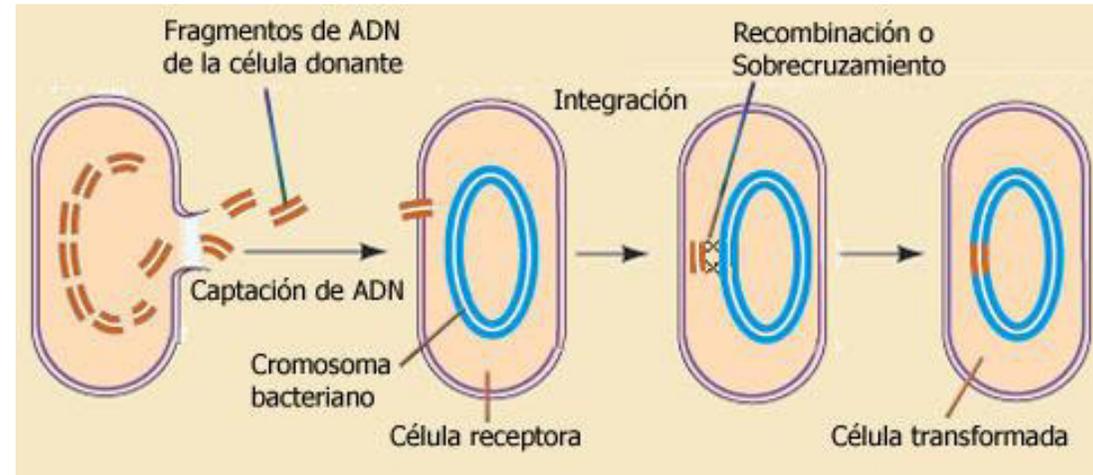


CONJUGACIÓN



TRANSFORMACIÓN

Se libera ADN de las células al medio circundante y las células receptoras lo incorporan tomándolo.

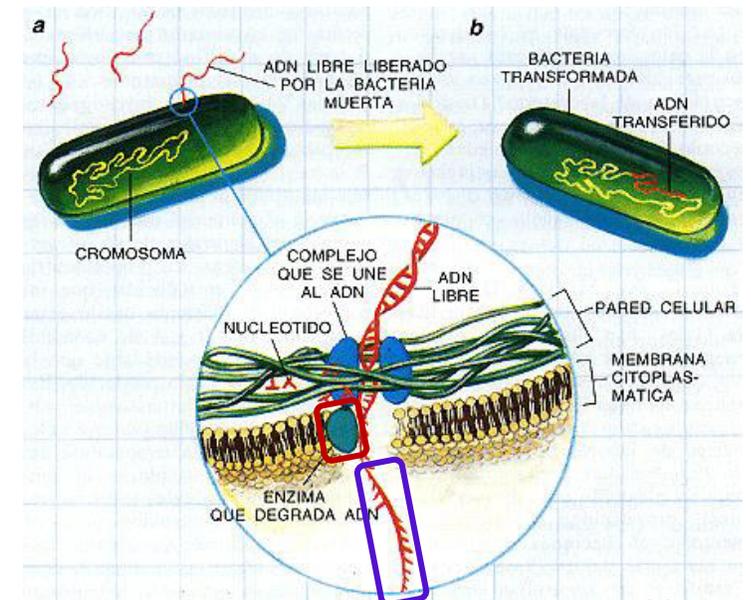


- La capacidad de captar el ADN exógeno, conservarlo en forma estable e interactuar con él se denomina **COMPETENCIA**.
- Las células o bacterias que poseen la capacidad de ser **TRANSFORMADAS**, que pueden incorporar el ADN que se encuentra en su ambiente, se denominan **COMPETENTES**.
- **TRANSFORMACIÓN NATURAL**: La entrada al estado competente está codificada por el cromosoma y marcada por condiciones ambientales.
- **TRANSFORMACIÓN ARTIFICIAL**: Otras bacterias sólo pueden hacerse competentes mediante una serie de tratamientos artificiales (exposición a altas concentraciones de cationes divalentes Ca^{2+} , electroporación).

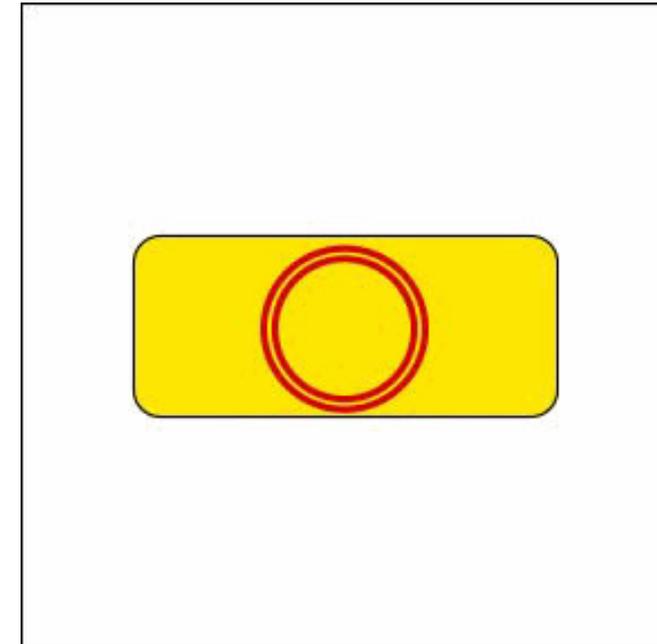
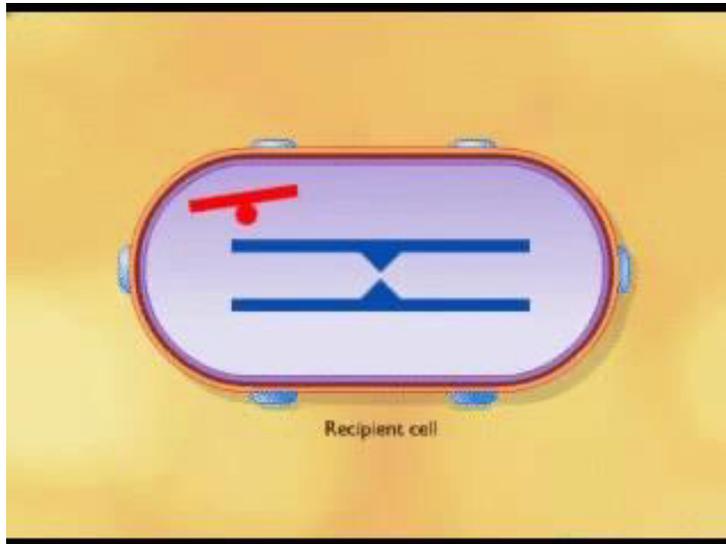
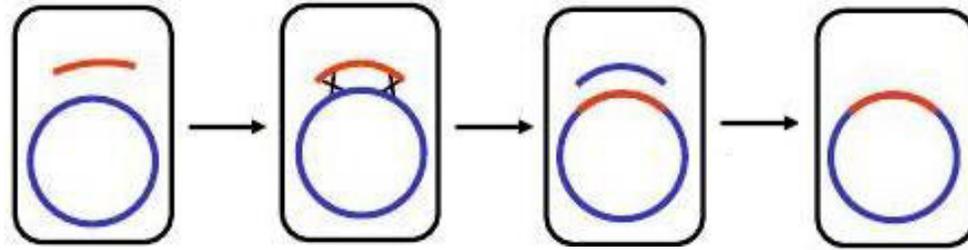
- ❖ La competencia natural depende de la presencia de un sistema de captación de ADN específico asociado a membrana.
- ❖ La mayoría de las bacterias NO PRESENTAN capacidad natural para captar ADN, pero es posible inducir en el laboratorio la competencia, generando distorsiones en la membrana celular, por ej. mediante pulsos eléctricos (ELECTROPORACIÓN) o cambios osmóticos (altas concentraciones de Ca^{2+}) y térmicos.
- ❖ Estos procedimientos son muy utilizados para introducir experimentalmente ADN extraño, por ej. un plásmido, en una bacteria y así TRANSFORMARLA para que adquiera un fenotipo de interés.

➤ La transformación está mediada por ≈ 12 proteínas que permiten absorber ADN bicatenario en distintos sitios de su superficie externa y cortarlo en fragmentos más pequeños por acción de enzimas unidas a la superficie.

➤ Una cadena del fragmento es digerida por una nucleasa, la otra penetra en la célula unida a una proteína de unión al ADN específica.

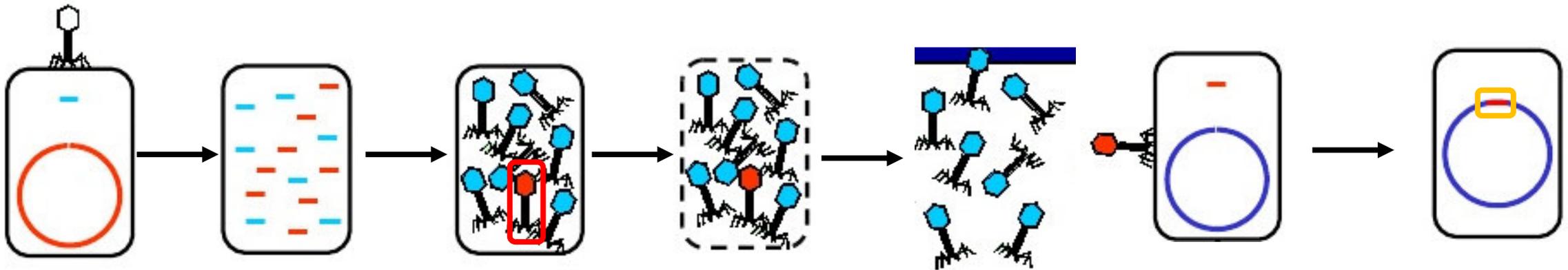


El ADN se integrará al cromosoma de la bacteria receptora originando un individuo genéticamente diferente



TRANSDUCCIÓN

- ❖ El ADN de una célula se transfiere a otra como consecuencia de la formación de un VIRIÓN defectuoso de un bacteriófago, en el cual parte o todo su ADN se sustituye por ADN bacteriano (ADN célula donadora).
- ❖ Cuando este fago defectuoso se fija a otra célula bacteriana (célula receptora) y le introduce este ADN, se produce el intercambio genético.
- ❖ La partícula transductora puede introducir ADN bacteriano de la célula en la que se desarrolló en otra célula sensible, dando como resultado la transferencia de material genético entre las 2 células.

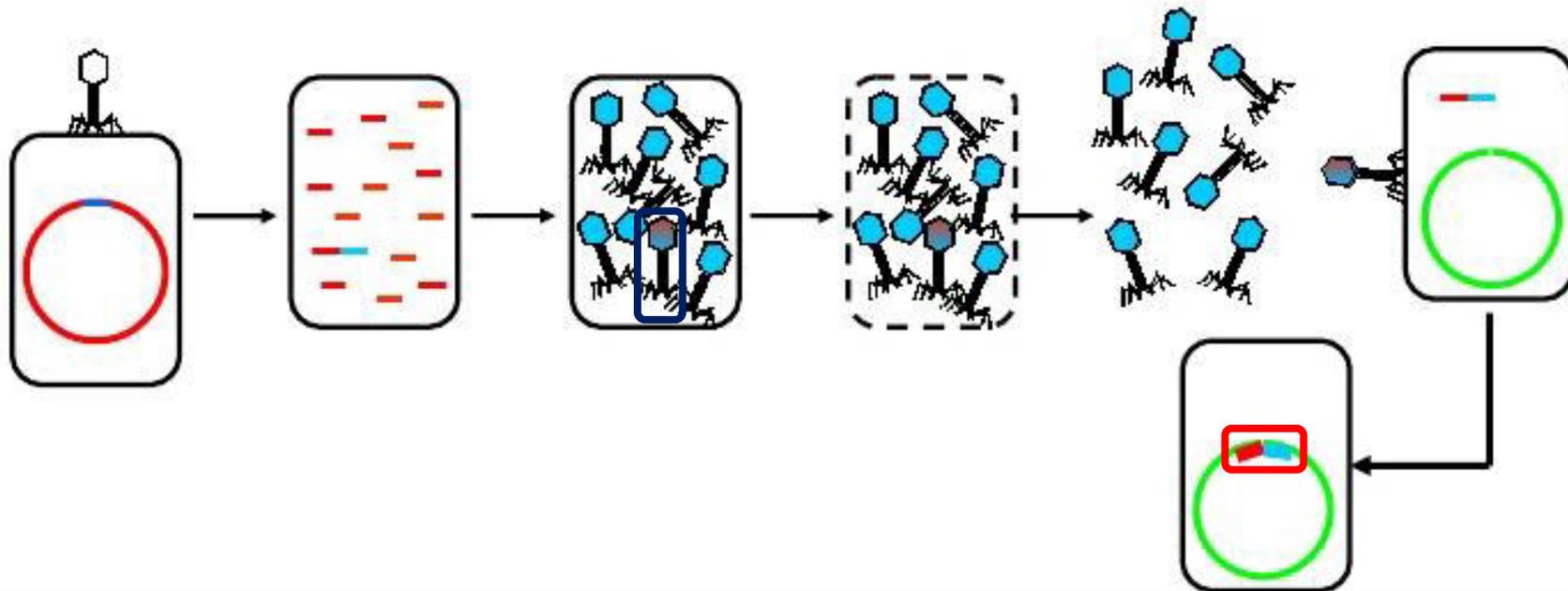


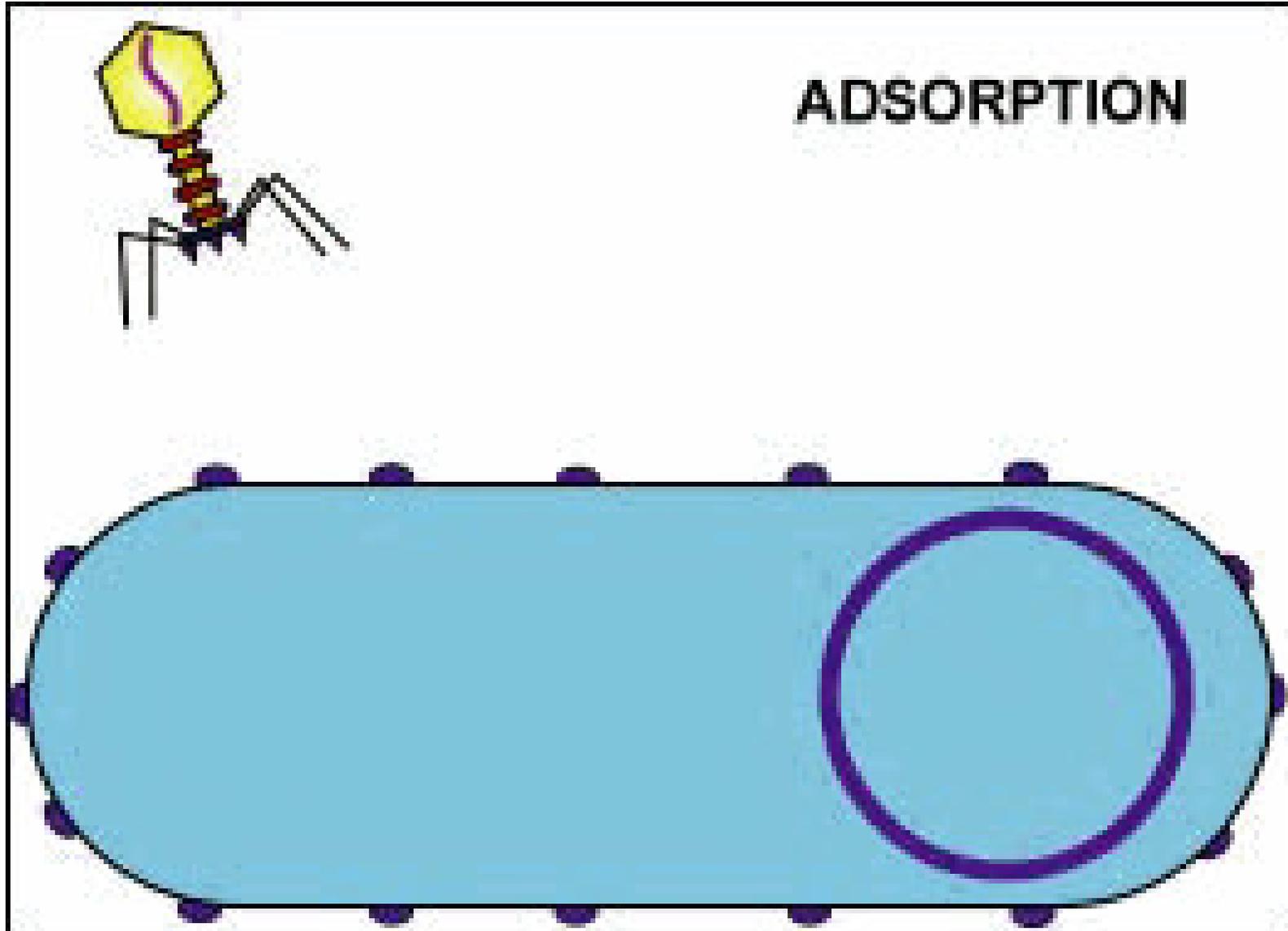
TIPOS DE TRANSDUCCIÓN

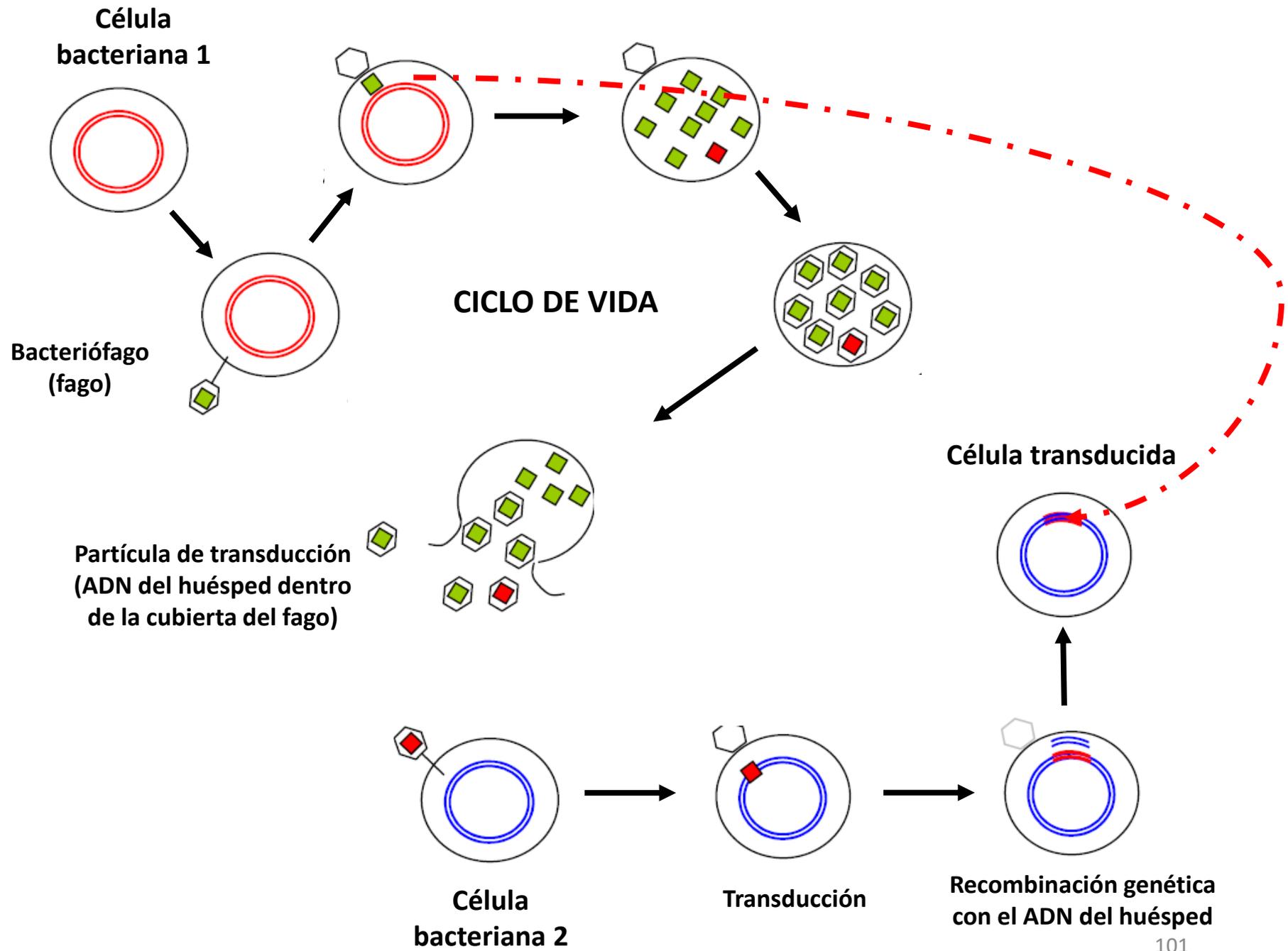


a) **GENERALIZADA:** está determinada por el intercambio de cualquier gen bacteriano, teóricamente puede transducirse cualquier fragmento del cromosoma bacteriano.

b) **TRANSDUCCIÓN ESPECIALIZADA:** solamente determina el intercambio de un número limitado de genes específicos ya que algunos fagos que se insertan en regiones concretas del cromosoma bacteriano, solo pueden transducir genes que se encuentran alrededor de estos.



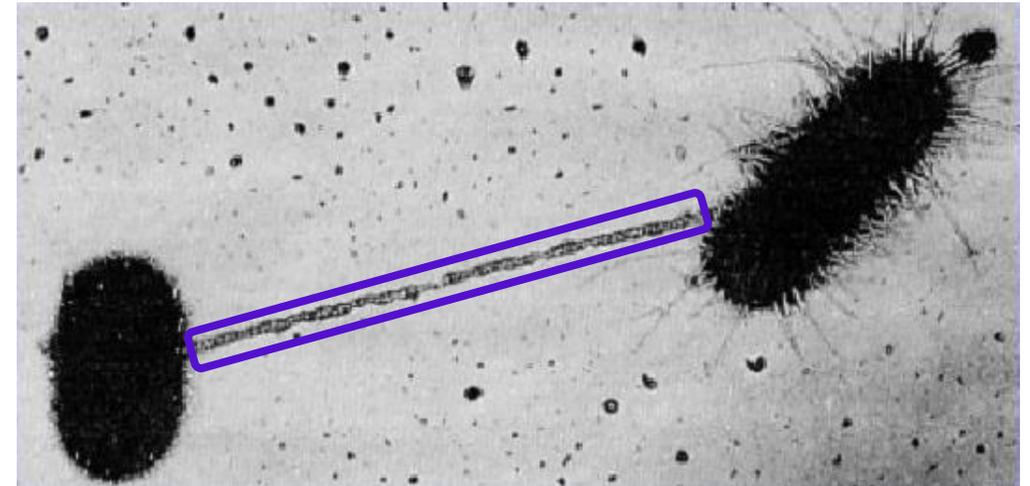
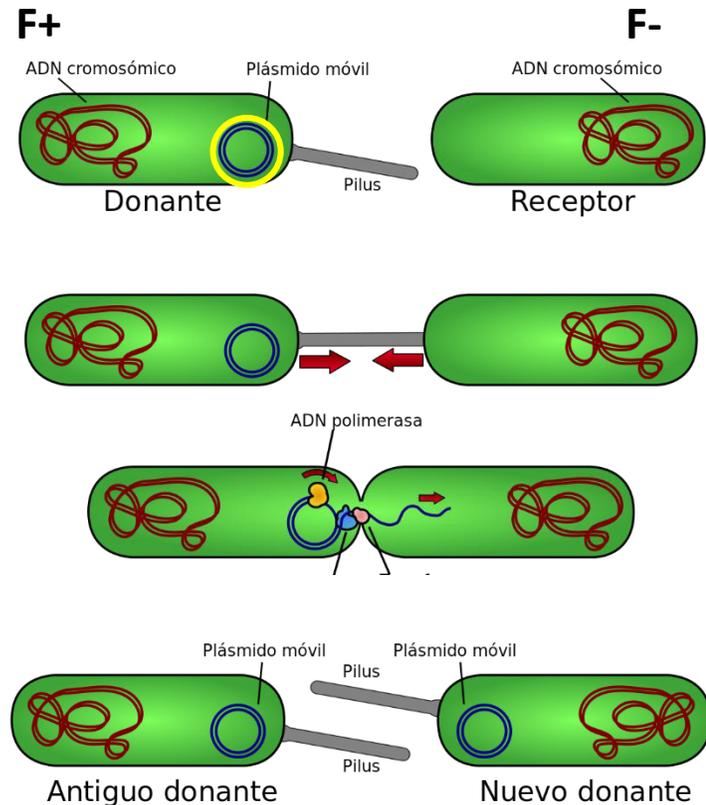




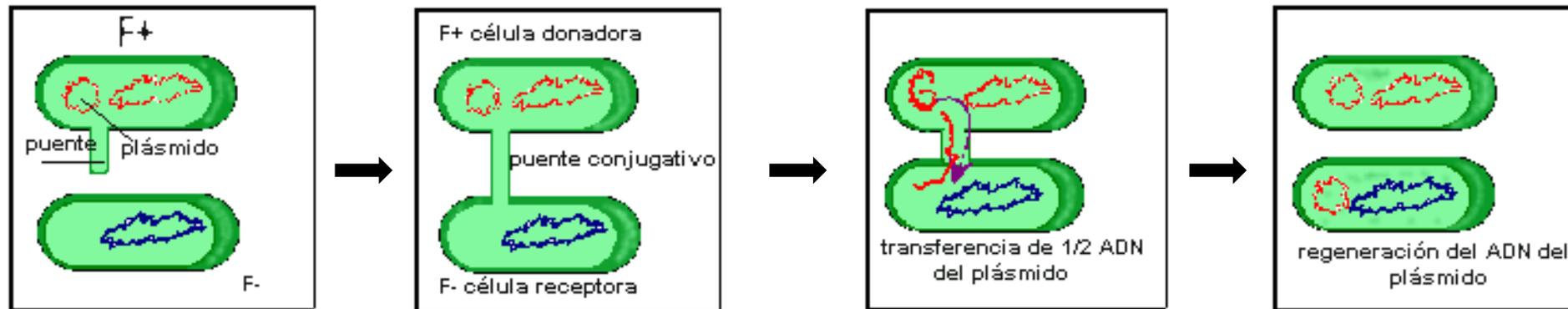
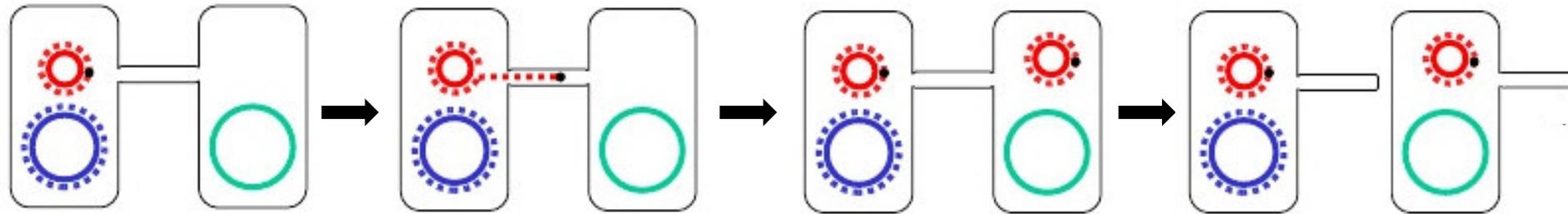
CONJUGACIÓN

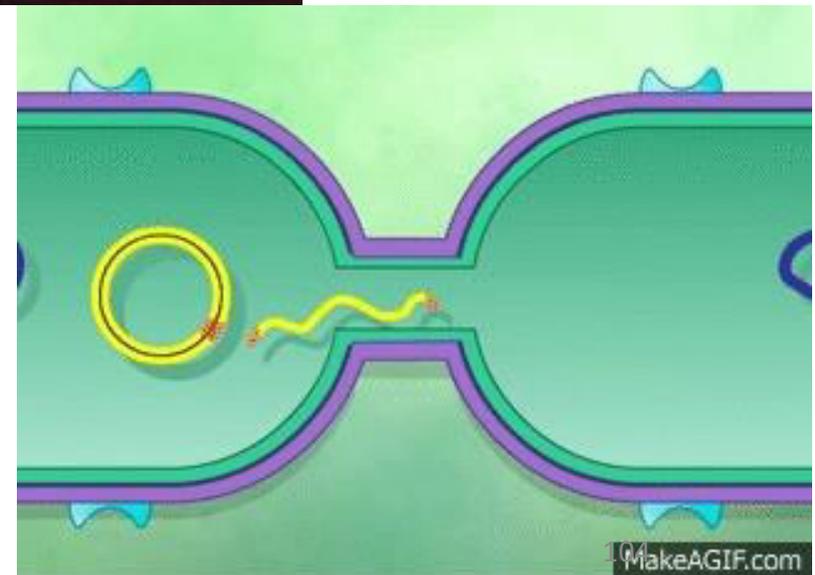
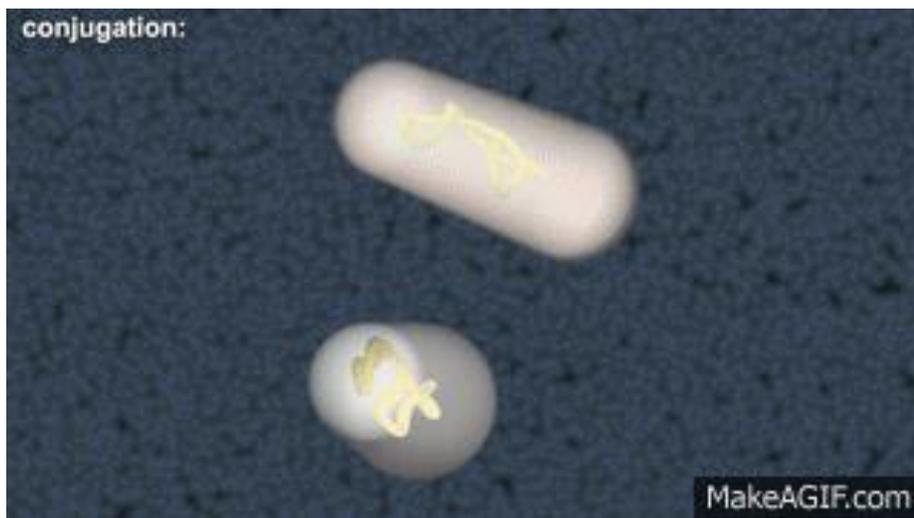


- Intercambio genético entre 2 células que están en contacto directo, mediante un proceso que está codificado por genes situados en plásmidos.
- El ADN pasa de una hacia la otra sin tomar contacto con el medio circundante.
- Una bacteria donadora F+ transmite a través de un puente o *pili*, un fragmento de ADN, a otra bacteria receptora F-.
- La bacteria F+ posee un plásmido, además del cromosoma bacteriano.



La transferencia está codificada por los genes del denominado plásmido F que codifica su propia transferencia hacia células que carecen de él y por eso se denomina plásmido CONJUGATIVO.





AMBIENTES DONDE SE VE TRANSFERENCIA GÉNICA HORIZONTAL

	<p>TRANSDUCCION</p>	<p>CONJUGACION</p>	<p>TRANSFORMACION</p>
<p>AMBIENTES TERRESTRES</p>	Suelos, superficies de plantas	Suelos, superficies de plantas	Suelos
<p>AMBIENTES ACUATICOS</p>	Lagos, océanos, ríos, zonas de tratamientos de aguas residuales	Lagos, océanos, sedimentos marinos, epiliton (capas gelatinosas que recubren las piedras de los ríos), zonas de tratamientos de aguas residuales	Sedimentos marinos, ríos, epiliton de las piedras de los ríos
<p>EN EL INTERIOR DE ORGANISMOS</p>	Crustáceos, ratones	Plantas. Insectos, gallinas, ratones, humanos	Plantas, insectos, ratones



GRACIAS



POR SU ATENCION

