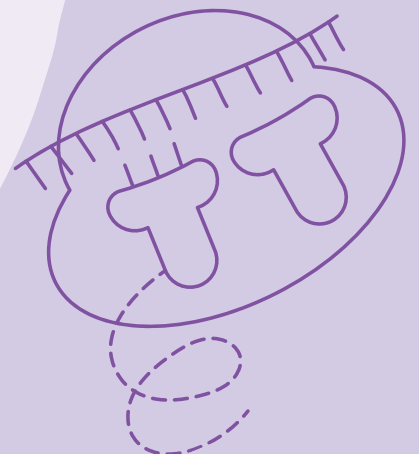
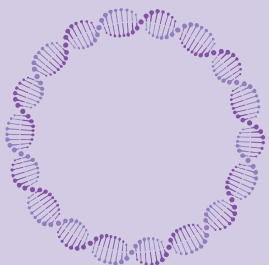


BLOQUE II

XENÉTICA MOLECULAR





REPLICACIÓN, TRANSCRIPCIÓN E TRADUCCIÓN

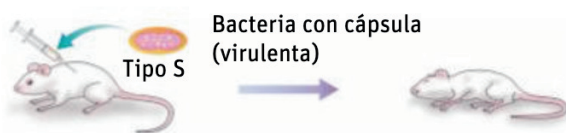
1. O ADN como portador da información xenética
2. Dogma central da bioloxía molecular
3. Replicación do ADN
 - 3.1. Modelos de replicación do ADN
 - 3.2. Experimento de Meselson e Stahl
 - 3.3. Replicación en procariotas
 - 3.4. Replicación en eucariotas
4. Transcripción
 - 4.1. Transcrición en procariotas
 - 4.2. Transcrición en eucariotas
 - 4.3. A transcrición inversa
5. Tradución ou biosíntese de proteínas
 - 5.1. O código xenético
 - 5.2. Características do código xenético
 - 5.3. Mecanismo de tradución
6. Regulación da expresión xénica
 - 6.1. Regulación da expresión xénica en procariotas
 - 6.2. Regulación da expresión xénica en eucariotas
- Repaso PAU

1. O ADN COMO PORTADOR DA INFORMACIÓN XENÉTICA

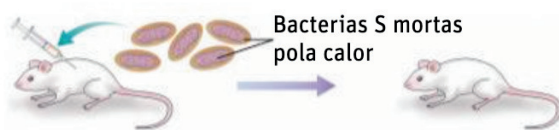
A primeira evidencia de que o ADN é o material hereditario obtívola en 1928 Frederick Griffith cando buscaba unha vacina contra a pneumonía provocada polo *Streptococcus pneumoniae*. Griffith descubriu que existían dúas cepas da bacteria distintas:

- Cepa S (do inglés smooth, 'liso'): teñen unha cápsula xelatinosa de polisacáridos que lles dá un aspecto liso e as protexe dos fagocitos; por iso, son capaces de provocar a enfermidade e morte cando se inoculan a un animal san.
- Cepas R (do inglés rough, 'rugoso'): carecen de cápsula xelatinosa, polo que as súas colonias teñen un aspecto máis rugoso que o S. Ó non estar protexidas fronte ós sistemas de defensa, non provocan a enfermidade cando se inoculan a un animal san.

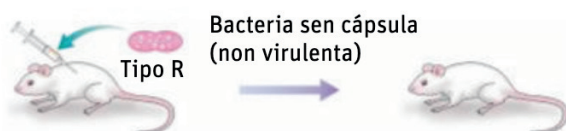
Griffith pensou que se podía inmunizar ratos inxectándolles bacterias virulentas (S) mortas pola calor, ou ben facéndoo con bacterias non virulentas (R) vivas. Pero nos seus experimentos obtivo algún resultado inesperado.



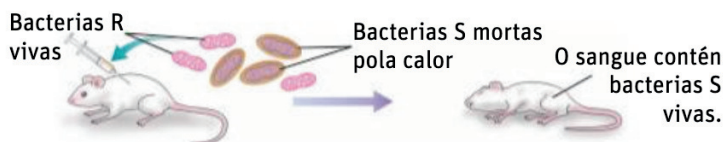
1. Os ratos inoculados con cepas S contraen a enfermidade e morren. Deles extraírense bacterias vivas da cepa S.



2. Os ratos inoculados con cepas S mortas pola calor non contraen a enfermidade. Deles, polo tanto, non se extraen bacterias vivas.



3. Os ratos inoculados con cepas R non contraen a enfermidade. Deles non se extraen bacterias vivas, posto que non medran no animal.



4. Os ratos inoculados simultaneamente con cepas S mortas pola calor e cepas R vivas contraen a enfermidade e morren. Deles extraírense bacterias vivas da cepa S.

Figura 1. Experimento de Griffith. O experimento 4 permitiulle deducir que nas bacterias da cepa S mortas por calor existía “algo” que chamou ‘principio transformante’ que era captado polas bacterias da cepa R vivas non virulentas e transformábasas en bacterias capaces de provocar a enfermidade.

En 1944 Avery, MacLeod e McCarthy demostraron que o principio transformante de Griffith era o ADN. A demostración obtivérona cando ó inocular ratos con bacterias da cepa R e bacterias da cepas S xunto con encimas que destruían diferentes biomoléculas das bacterias virulentas, observaron que os ratos só sobrevivían cando se destruíu o ADN.

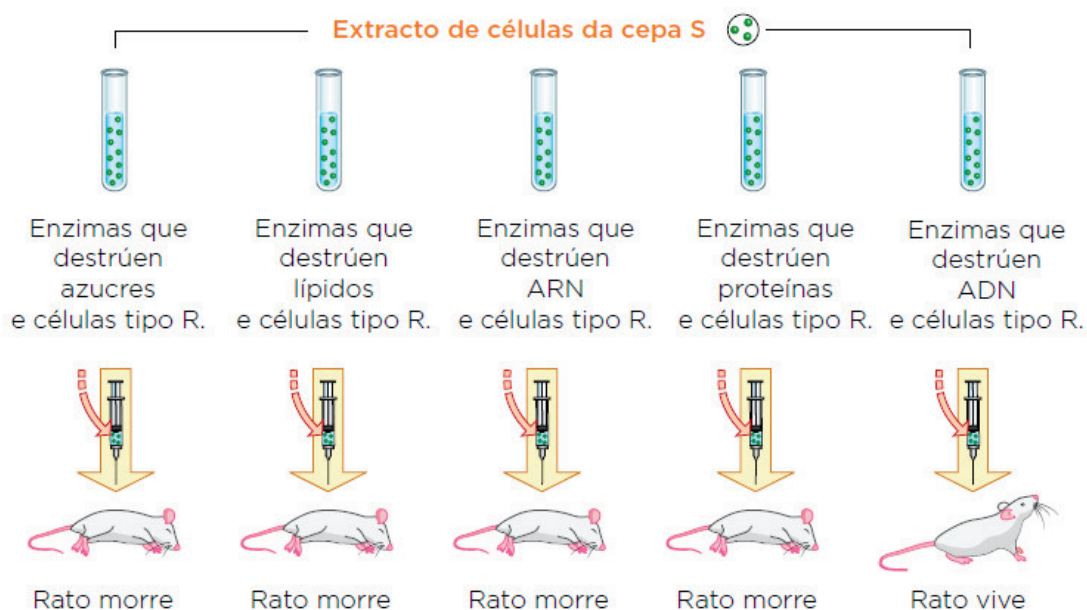


Figura 2. Experimentos de Avery, MacLeod e McCarty. Estes investigadores observaron que as bacterias R transformábanse en bacterias virulentas cando o ADN estaba presente, xa que cando se destruían outras biomoléculas os ratos enfermaban e morrían, mentres que ó destruír o ADN, os ratos sobrevivían, o que significaba que non se producía a transformación e, polo tanto, ningunha das outras biomoléculas eran as responsables da mesma.

A proba definitiva aportárona Alfred Hershey (premio Nobel en 1969) e Martha Chase en 1952. Eles traballaron co virus bacteriófago T2, un virus que infecta a *E. coli* e que está formado unicamente por ADN e proteínas. Estes científicos sabían que os fagos se unían á superficie da bacteria e inxectaban algunha substancia (ADN ou proteína) no seu interior. Esta substancia daba 'instrucións' que facían que a bacteria comezara a producir moreas de fagos; é dicir, esta substancia era o material xenético do fago.

Para determinar se o fago inxectaba ADN ou proteína nas bacterias, Hershey e Chase prepararon dous lotes diferentes de virus. En cada lote, o fago producíuse en presenza dun elemento radioactivo específico:

- Unha mostra produciuse en presenza de ^{35}S , un isótopo radioactivo de xofre, bioelemento presente en moitas proteínas pero ausente no ADN, polo que este tratamento só marcaba radiactivamente as proteínas do fago.
- A outro mostra produciuse en presenza de ^{32}P , un isótopo radioactivo do fósforo, bioelemento que se aopa no ADN pero non nas proteínas, polo que este tratamento só marcaba radiactivamente o ADN do fago.

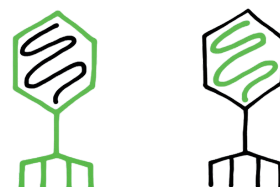


Figura 3. (esquerda) Fago coas proteínas marcadas con ^{35}S (verde). **(dereita)** Fago co ADN marcado con ^{32}P (verde).

Cada lote de fagos marcados radiactivamente empregouse para infectar un cultivo diferente de bacterias. Despois de que ocorrera a infección, cada cultivo axitábase para separar os fagos das bacterias, e posteriormente, centrifugábase de forma que as bacterias, máis pesadas, precipitaban no fondo do tubo, mentres que os virus quedaban no líquido sobrenadante.

Cando Hershey e Chase mediron a radioactividade, atoparon grandes cantidades de ^{32}P no precipitado no que se atopaban as bacterias, mentres que case todo o ^{35}S permanecía no sobrenadante onde se atopaban os restos de fagos.

Con estes resultados, Hershey e Chase concluíron que o ADN, e non a proteína, era o que se inxectaba nas células e constituía o material xenético dos fagos.

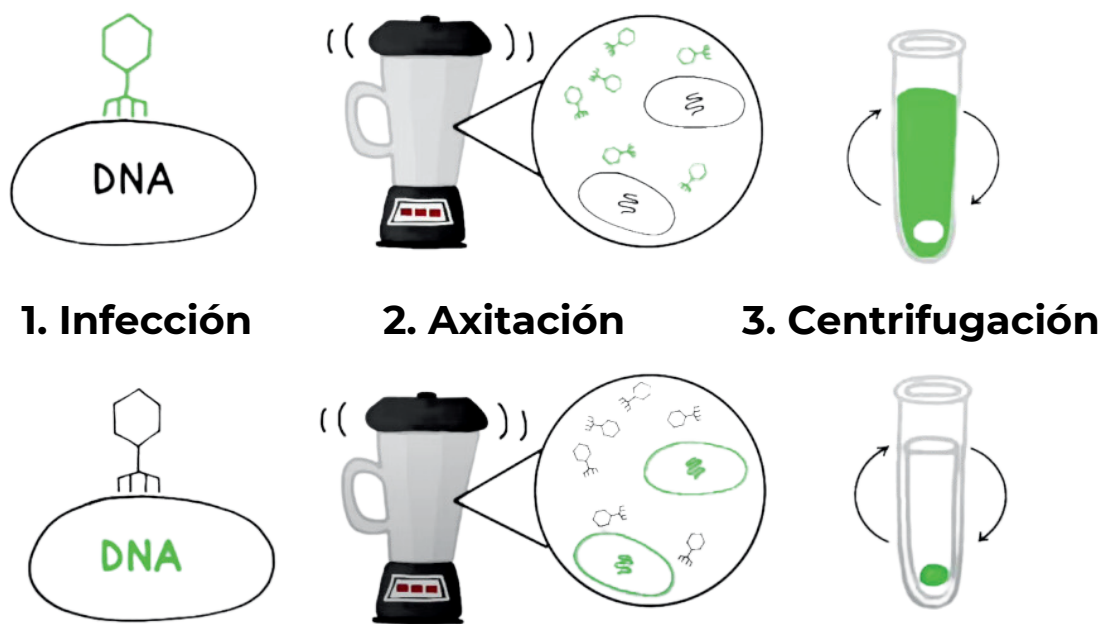


Figura 4. (arriba) Infección das bacterias cos fagos marcados con ^{35}S (proteínas víricas). Despois do proceso, toda a radioactividade detectouse no sobrenadante, onde se atopaban as cápsides dos virus; é dicir, as proteínas non eran inxectadas nas bacterias infectadas. **(abaixo)** Infección das bacterias cos fagos marcados con ^{32}P (ADN vírico). Despois do proceso, toda a radioactividade era detectada no precipitado onde se atopaban as bacterias infectadas; é dicir, o ADN vírico inxectárase durante a infección e permanecía no interior das bacterias.

2. DOGMA CENTRAL DA BIOLOXÍA MOLECULAR

O dogma central da bioloxía molecular describe como se produce o fluxo da información xenética que se atopa no ADN.

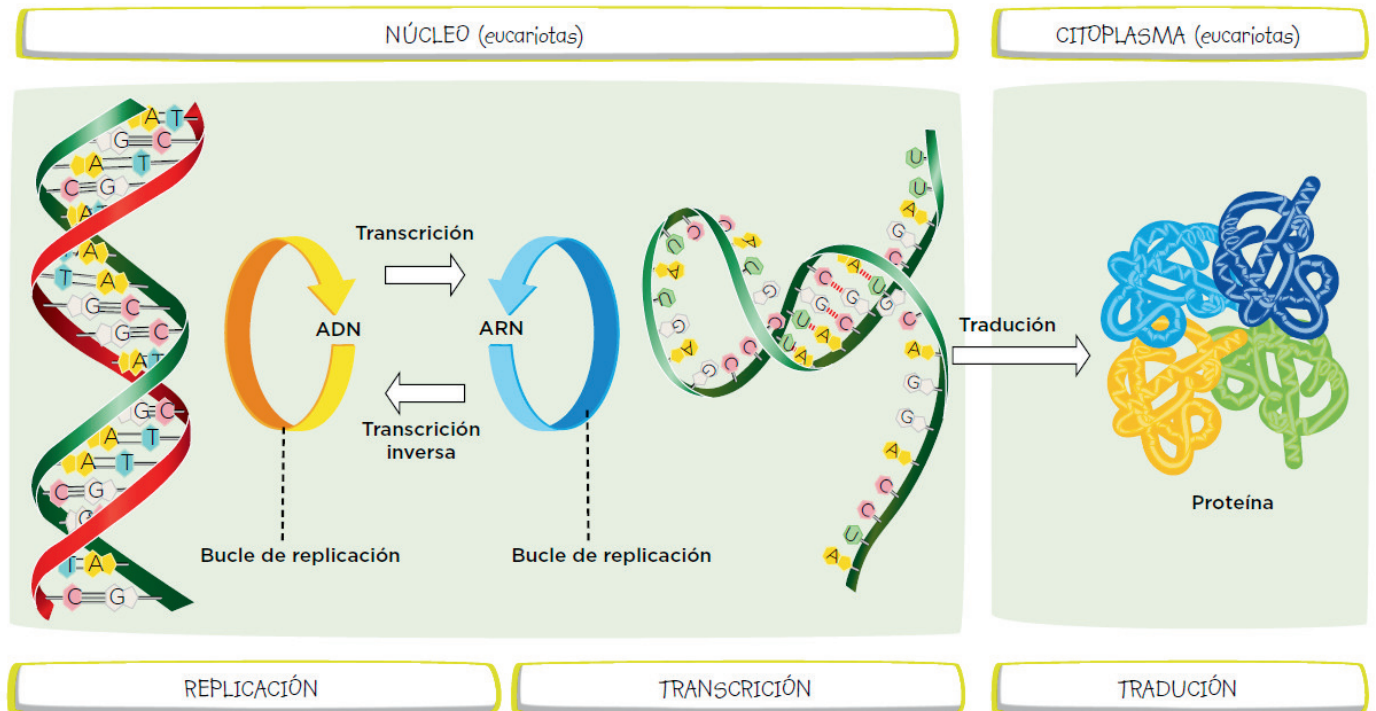


Figura 5. Dogma central da bioloxía molecular

A explicación do esquema actual é a seguinte:

- Para transmitir a información xenética de xeneración en xeneración, é necesario que o ADN se duplique, é dicir, que faga copias de si mesmo. Este proceso denomínase replicación.
- Debido a que o ADN se atopa no núcleo (e non sae) e a síntese de proteínas se realiza nos ribosomas, que están no citoplasma, necesítase unha molécula intermediaria entre ambos. Esta molécula é o ARN mensaxeiro (ARNm). A formación dunha molécula de ARNm, copia dun fragmento de ADN, denomínase transcrición.
- A información que contén o ARNm debe traducirse a unha secuencia de aminoácidos, mecanismo no que interveñen o ARN transferente (ARNt) e ARN ribosómico (ARNr). Este proceso chámase tradución.
- O ARN tamén pode servir de molde para a síntese de ADN. Moitos virus, como por exemplo o da gripe, poden sintetizar unha encima chamada transcriptasa inversa ou retrotranscriptasa, que sintetiza unha cadea de ADN complementaria ó ARN vírico. Este proceso chámase transcrición inversa.
- O ARN tamén pode actuar como molde para a súa propia replicación nalgúns virus que posúen unha encima, a ARN replicase, capaz de fabricar copias dese ARN.

3. REPLICACIÓN DO ADN

3.1. MODELOS DE REPLICACIÓN DO ADN

A replicación do ADN é o proceso mediante o cal a partir dunha molécula de ADN proxenitora ou parental se sintetizan dúas moléculas idénticas, coa mesma secuencia nucleotídica que o ADN orixinal. Este proceso ocorre na fase S da interfase; deste xeito permítese que tras a división celular as células fillas teñan a mesma información xenética que a célula nai.

Para explicar o modo polo cal se produce a replicación, inicialmente, propuxéronse tres hipóteses:

- Modelo conservativo: neste modelo, as dúas cadeas de ADN parentais volven xuntarse tras a replicación, de forma que unha molécula filla contén ambas cadeas parentais antigas, e a outra molécula filla contén as dúas cadeas do novo material sintetizado.
- Modelo semiconservativo: foi proposto por Watson e Crick. Neste caso, as dúas cadeas parentais do ADN sepáranse e serven de molde para a síntese dunha nova cadea de ADN complementaria, coa que queda unida. O resultado son dúas dobres hélices de ADN constituídas cada unha por unha cadea parental e unha cadea de nova síntese.
- Modelo dispersivo: segundo este modelo, a molécula de ADN parental rómpese en segmentos de dobre cadea que actúan como moldes para a síntese de novas moléculas. Os segmentos recompóñense ó azar dando lugar a moléculas de ADN con segmentos parentais e de nova síntese intercalados.

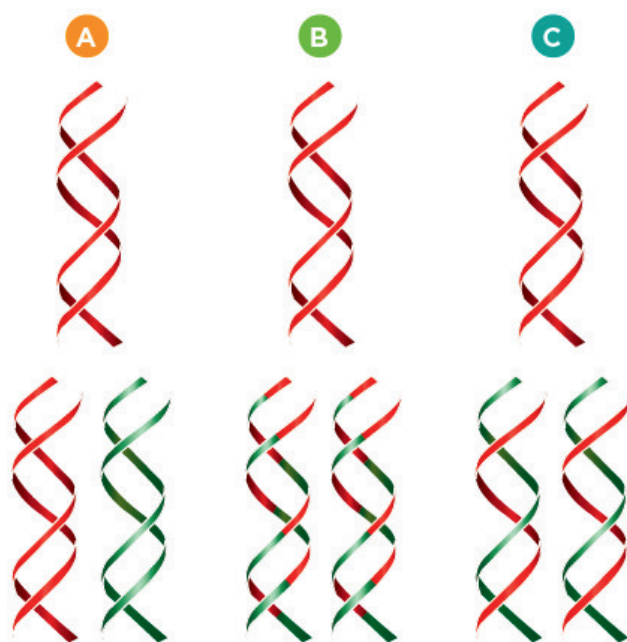


Figura 6. Hipotéticos posibles modelos de replicación do ADN: conservativo (A), dispersivo (B) y semiconservativo (C)

3.2. EXPERIMENTO DE MESELSON E STAHL

En 1957, Meselson e Stahl realizaron un experimento para determinar cal dos tres modelos de replicación do ADN propostos era o correcto. O seu traballo estaba baseado na existencia de dous isótopos do nitróxeno, un dos principais bioelementos que forman o ADN (está presente nas súas bases nitroxenadas): o ^{14}N (variante 'normal', máis lixeira), e o ^{15}N (máis pesado).

Cando se cultivan bacterias en cadanseu medio con cadanseu isótopo, as bacterias incorporan o isótopo correspondente ás súas moléculas de ADN durante o proceso de

replicación. Pasado un tempo, este ADN pode extraerse e centrifugarse nun medio cun gradiente de densidade (máis denso ó fondo, menos denso na parte superior), de modo que o ADN quedará situado a unha altura correspondente coa súa densidade: o ADN con ^{14}N quedará situado máis arriba no tubo que o ADN con ^{15}N , que se irá máis ó fondo. Messelson e Stahl cultivaron primeiro as bacterias en medio con ^{15}N e despois pasáronas a un medio con ^{14}N durante varias xeracións, extraendo o ADN despois de cada unha delas. Os resultados obtidos eran unicamente compatibles co modelo semiconservativo.

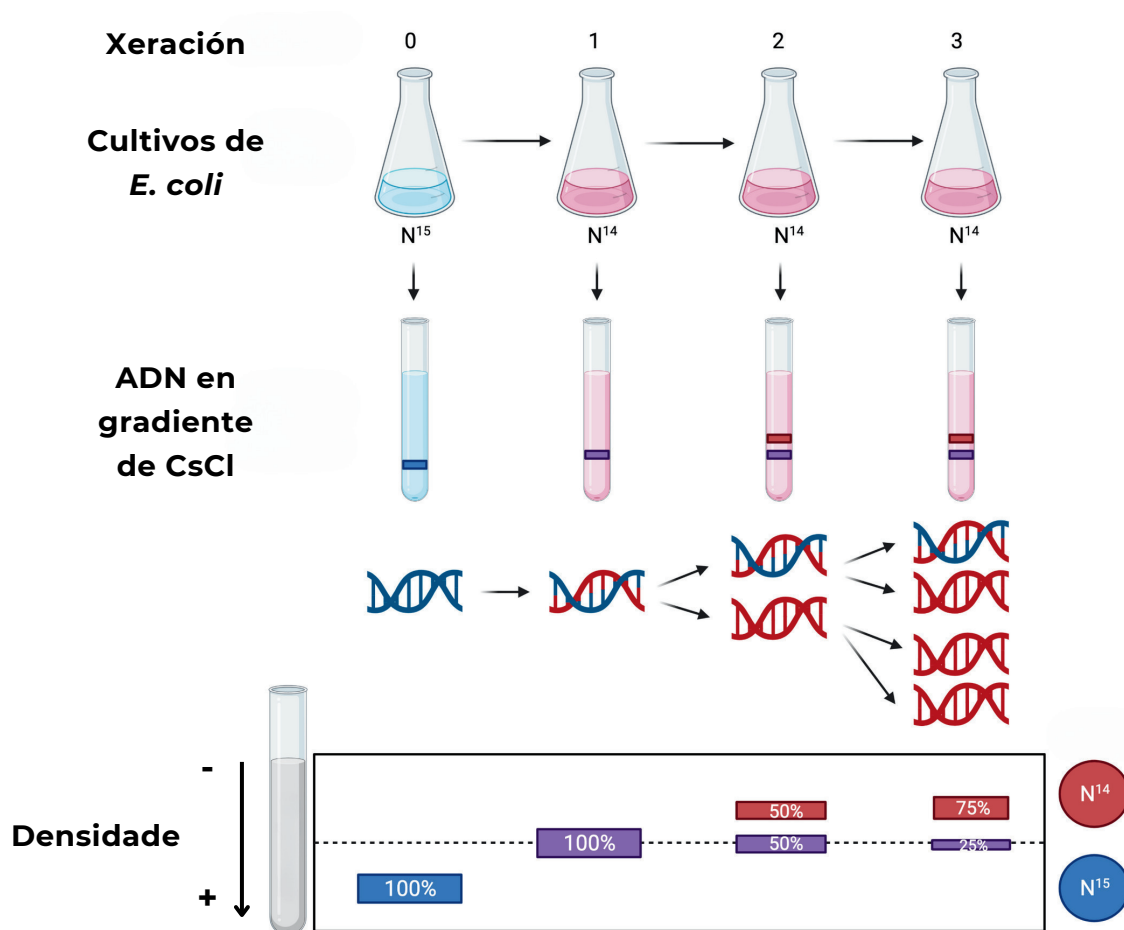


Figura 7. Ó centrifugar o ADN das células antes de ser transferidas ó medio con ^{14}N , obtiveron unha única banda pesada, tal e como era de esperar. Na primeira xeración obtiveron tamén unha única banda, pero de densidade intermedia. Deste resultado deduciron que as moléculas de ADN de nova síntese estaban formadas por ADN con ^{14}N e ^{15}N en proporcións semellantes. Polo tanto, descartaron o modelo conservativo (neste caso terían que ter obtido dúas bandas, unha máis densa correspondente ó ADN parental cultivado en ^{15}N , e outra máis lixeira correspondente ó ADN de nova síntese formado en medio con ^{14}N). Na segunda e terceira xeracións mantíñase a banda intermedia e aparecía unha banda lixeira correspondente a ADN con ^{14}N exclusivamente. Con este resultado descartábase o modelo dispersivo xa que nestas xeracións as bacterias incorporaban só ^{14}N ás cadeas de ADN de nova síntese, demostrándose que non era unha mestura ó azar de fragmentos parentais e de nova síntese.

3.3. REPLICACIÓN EN PROCARIOTAS

FASE DE INICIACIÓN

Consiste no desenrolamento e apertura da dobre hélice.

- No cromosoma bacteriano existe unha secuencia de nucleótidos chamada orixe de replicación (oriC en *E. coli*) que actúa como sinal de iniciación.
- O proceso iníciase cunha encima denominada helicase, que rompe as pontes de hidróxeno entre as dúas febras complementarias e sepáraas.
- Cando a dobre hélice se abre prodúcese o desenrolamento desa zona, o que crea superenrolamentos nas zonas circundantes. As encimas topoisomerasas e xirases eliminan as tensións cortando e soldando a hélice de ADN nestes puntos para aliviar a tensión de torsión.
- A continuación interveñen as proteínas de unión á cadea sinxela (proteínas SSB), que se unen ás febras molde e impiden que se volvan unir e enrolar.
- Na orixe de replicación formouse unha burbulla de replicación na que hai dúas zonas con forma de “Y”, denominadas forquitas de replicación, onde se van a sintetizar as novas febras de ADN. A burbulla de replicación vaise extendendo ao longo do ADN bacteriano nos dous sentidos, por iso é polo que se di que a replicación é bidireccional.

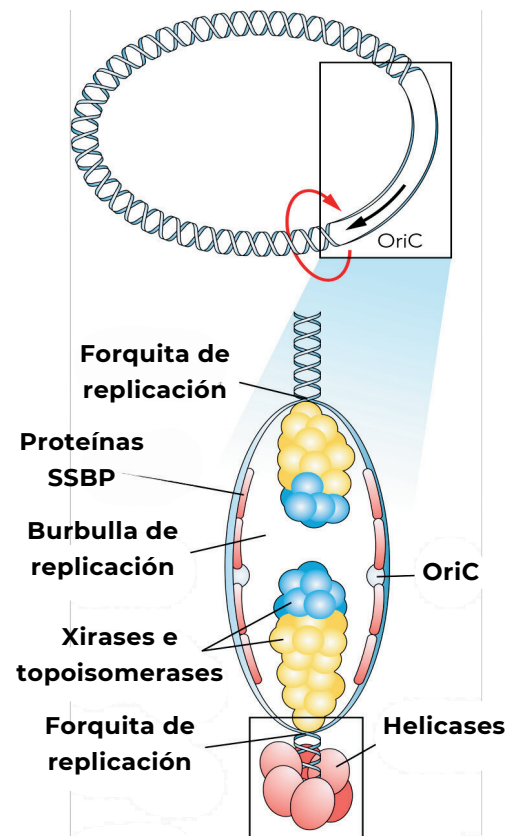


Figura 8. Iniciación da replicación do ADN en procariotas

FASE DE ELONGACIÓN

Consiste na síntese de dúas novas febras de ADN empregando como molde cada unha das febras parentais. Ademais das encimas que actúan na fase de iniciación, na elongación interveñen ADN-polimerases de varios tipos: I, II e III.

- Ningunha ADN-polimerase pode iniciar de cero a síntese dunha nova cadea de ADN, polo que é necesaria a intervención inicial dunha ARN-polimerase chamada primase, que sintetiza un curto fragmento de ARN (10 nucleótidos), denominado cebador ou primer. O cebador proporciona o grupo 3'-OH que necesita a ADN-polimerase III para engadir novos desoxirribonucleótidos á cadea de nova síntese.
- A ADN-polimerasa III engade nucleótidos en dirección 5' → 3' a continuación do cebador de ARN. Para iso necesítanse nucleótidos trifosfato e enerxía, proporcionada pola propia hidrólise do nucleótidos trifosfato ó transformase nos nucleótidos monofosfato que formarán parte da molécula de ADN.

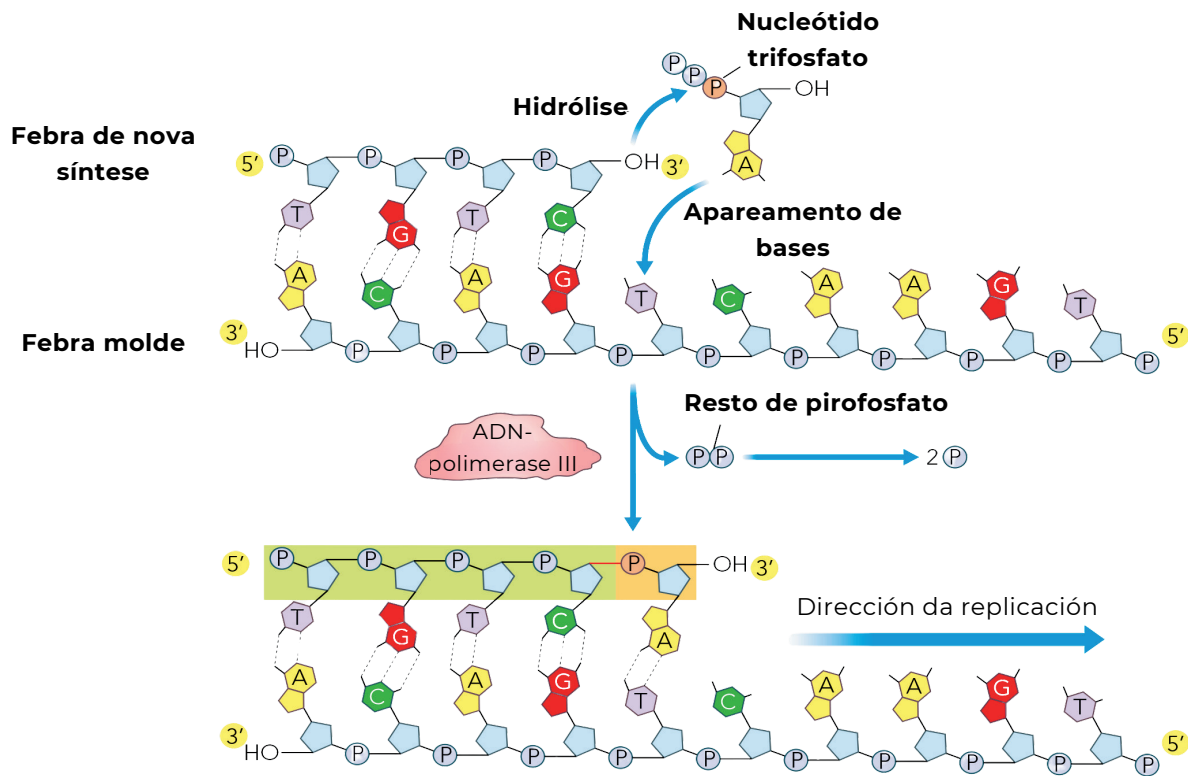


Figura 9. Actividade da encima ADN-polimerase III

- Unha das febras sintetízase de forma continua xa que a helicase non se detén e continúa separando a dobre hélice e ampliando a burbulla de replicación. Esta febra denomínase febra condutora.
- A febra antiparalela á condutora chámase febra retardada, e sintetízase de forma descontinua. Conforme o movemento da forquita expón unha nova zona da cadea molde da febra retardada, a primase sintetiza un cebador e a continuación a ADN-polimerase engade os desoxirribonucleótidos ao seu extremo 3', ata que é detida polo fragmento sintetizado anteriormente. Fórmase así varios fragmentos consecutivos de ADN precedidos por cadanseu cebador. Estes fragmentos chámanse fragmentos de Okazaki.
- Dado que a replicación é bidireccional desde o punto de orixe, unha mesma febra de ADN compórtase simultaneamente como cadea condutora desde o punto de orixe cara o extremo 3', e como cadea retardada cara o extremo 5'.
- A continuación, intervén a ADN-polimerase I que, grazas á súa función exonuclease, primeiro retira os fragmentos de ARN que forman os cebadores; despois, grazas á súa función polimerase, enche os ocos con nucleótidos de ADN.
- Finalmente a ADN-ligase une entre si os diferentes fragmentos.

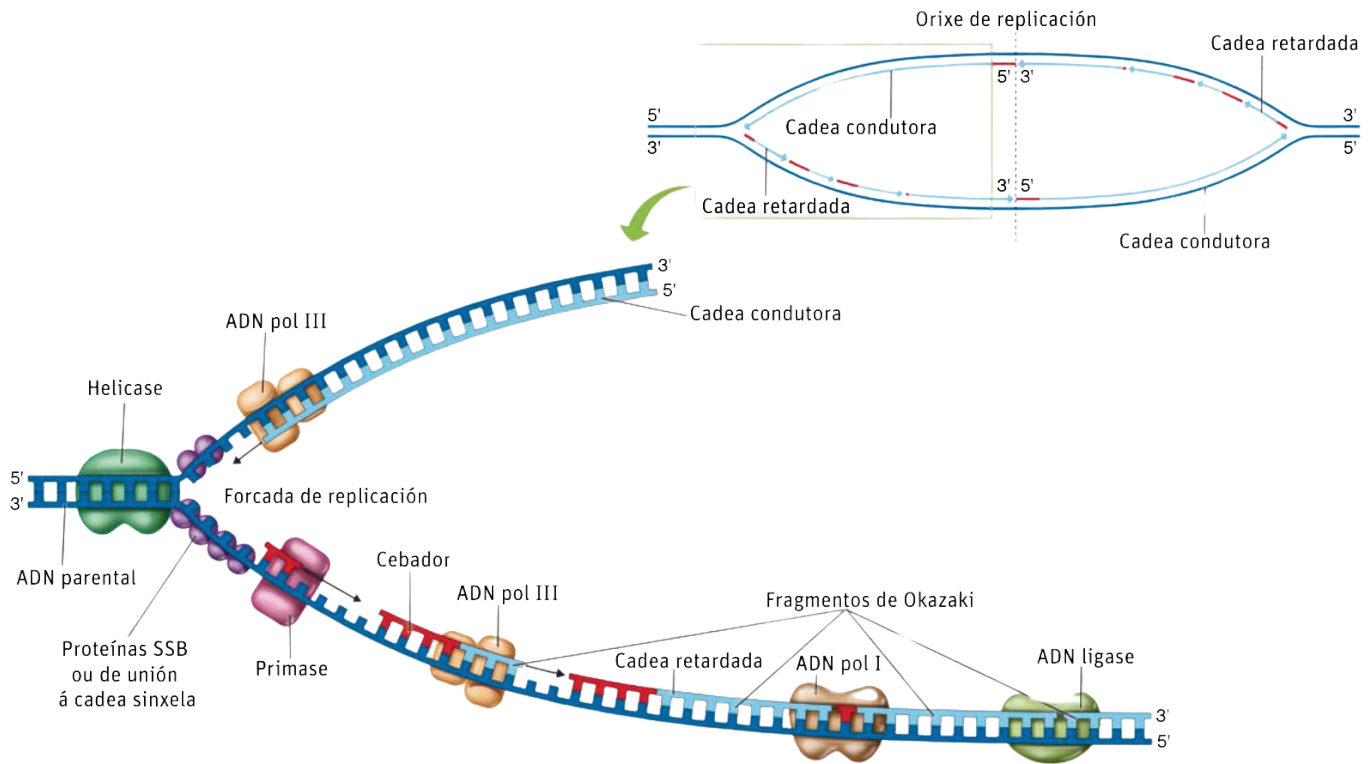


Figura 10. Fase de elongación da replicación do ADN. Arriba represéntase unha burbulla de replicación con dúas forquitas de replicación que avanzan en sentidos opostos (replicación bidireccional). Obsérvase como cada unha das febras do ADN é cadea condutora e retardada simultaneamente segundo o sentido de avance de cada unha das forquitas de replicación.

FASE DE TERMINACIÓN

As dúas forquitas de replicación van avanzando en sentidos opostos ata chegar a un punto do cromosoma bacteriano (circular), denominado *Ter* e situado diametralmente oposto ó punto de orixe. O punto *Ter* está formado por unha secuencia de nucleótidos á que se fixa un complexo de proteínas chamado *Tus*. Esta unión bloquea o avance das helicases e desencadea a finalización do proceso de replicación. O resultado final son dous cromosomas circulares concatenados que se separan pola acción dunha topoisomerase.

Durante a replicación incorpóranse nucleótidos que non teñen correctamente apareadas a súas bases. A taxa de erro da ADN-polimerase é de 1 nucleótido mal apareado por cada 10^6 pares de bases. Para incrementar a fidelidade do proceso de replicación, nas células existen mecanismos de reparación de erros:

- Corrección de probas. Levada a cabo polas propias ADN polimerases, que teñen tamén función exonuclease, de forma que tras cada polimerización revisan o nucleótido anterior e se é incorrecto substitúeno polo adecuado. Desta forma redúcese a taxa de erro ata un nucleótido mal colocado por cada 10^8 nucleótidos engadidos.

- Corrección posreplicativa. Para aumentar aínda máis a precisión da replicación existe unha maquinaria encimática que corrixe os posibles erros cometidos pola ADN-polimerase. As encimas correctoras detectan o nucleótido mal apareado, elimínano e rexeneran a secuencia correcta do mesmo modo. Para detectar o nucleótido mal emparellado o aparato de corrección debe recoñecer a cadea recién sintetizada, onde se atopa o erro, e diferenciala da cadea molde. Isto é posible porque a febra molde ten metiladas as adeninas das secuencias GATC, mentres que a cadea de nova síntese permanece durante un lapso de tempo sen esta metilación. Unha vez recoñecido o nucleótido mal emparellado na cadea de nova síntese, elimínase gracias a unha encima endonuclease que corta un segmento de ADN no que se atopa o erro. A continuación a ADN-polimerase I encárgase de encher o oco e, finalmente, unha ADN-ligase une os extremos do fragmento corrixido ós extremos da cadea polinucleotídica de nova síntese.

A pesares de todos estes sistemas de corrección, durante a replicación prodúcese 1 erro na incorporación de nucleótidos cada 10^9 nucleótidos. Estes erros constitúen as mutacións xénicas ou puntuais que resultan de vital importancia na evolución das especies, xa que constitúen unha das principais fontes de variabilidade nas poboacións.

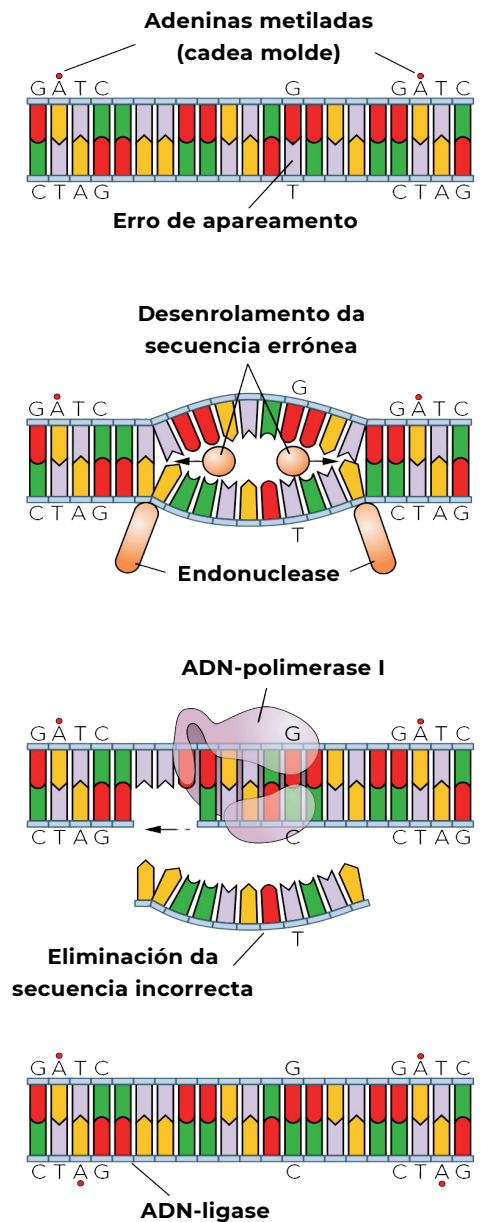


Figura 11. Mecanismo de corrección posreplicativa

3.4. REPLICACIÓN EN EUKARIOTAS

O proceso é similar ó mecanismo de replicación en procariotas, pero con algunhas diferencias:

- O ADN das eucariotas está fortemente asociado a histonas. Isto fai que o proceso sexa máis lento porque primeiro teñen que desmontar os octámeros de histonas para permitir o avance das forquitas de replicación. Por outra banda, ó finalizar a replicación, as novas moléculas de ADN deben volver formar os nucleosomas e, aínda que se aproveitan as histonas preexistentes, é necesario sintetizar outras novas para dar cobertura ás dúas moléculas resultantes do proceso. Isto ten lugar durante a fase G2 da interfase do ciclo celular.
- Ademais, o ADN eucariota é de lonxitude moito maior que o de procariotas. Para compensar a maior lonxitude e menor velocidade, nos cromosomas eucarióticos hai múltiples orixes de replicación que se activan de forma coordinada e forman unidades de replicación chamadas replicóns.

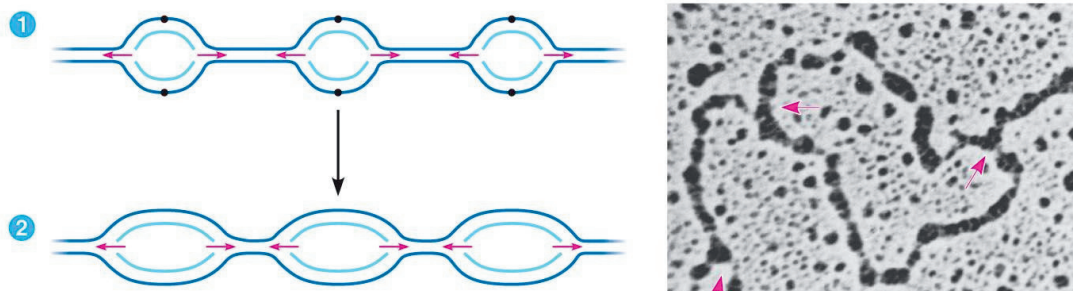


Figura 12. Formación de replicóns nos cromosomas eucariotas. Á dereita pode observarse unha burbulla de replicación vista co microscopio electrónico de transmisión

- Os fragmentos de Okazaki son máis pequenos.
- Existen 5 tipos de ADN-polimersases.
- As cadeas de ADN dos cromosomas son liñais, non circulares como o ADN bacteriano, o que ocasiona un problema máis: a replicación ocorre deseguido ata chegar ós telómeros (extremos dos cromosomas). Aquí, ó eliminar o último cebador da cadea retardada a ADN-polimerase será incapaz de encher o oco xerado porque non pode engadir nucleótidos en dirección 3'→5'. Este feito fai que o telómero se vaia acurtando pouco a pouco cada vez que a célula se divide. Os telómeros están formados por secuencias curtas repetidas que non aportan información xenética; isto permite que o acurtamento de telómeros poida producirse sen consecuencias para a vida durante varias xeracións. Polo tanto, as células poden dividirse un número limitado de veces. Cando os telómeros son demasiado curtos, máis alá dun punto crítico, os cromosomas vólvense inestable e prodúcese a morte celular. Por iso o acurtamento dos telómeros relacionouse co envellecemento ou senescencia celular.

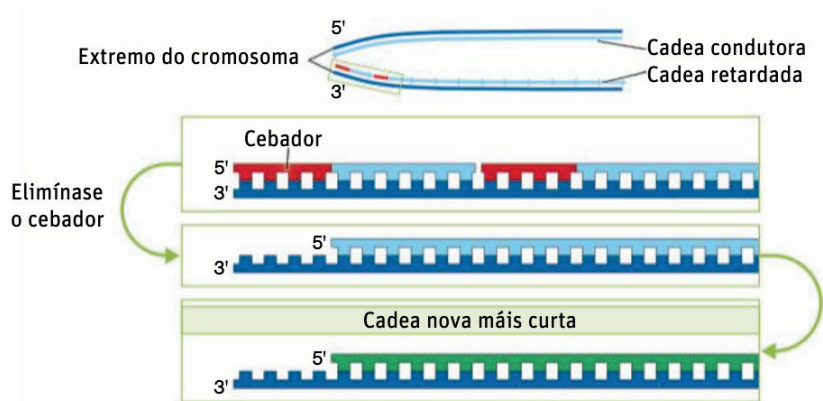


Figura 12. Mecanismo de acurtamento dos telómeros por non poder completar a replicación dos extremos dos cromosomas liñais

Certas liñaxes celulares como as células hematopoiéticas ou as cancerixenas posúen unha encima, a telomerase, que evita o acurtamento dos telómeros; por iso estes tipos celulares poden dividirse moitas veces, como se fosen inmortais.

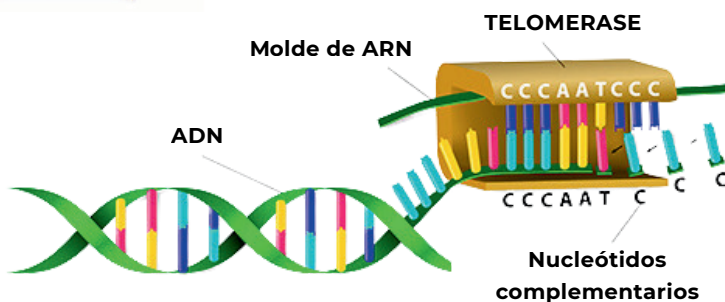


Figura 13. Mecanismo de acción da telomerase

4. TRANSCRIPCIÓN

A transcripción é o paso dunha secuencia de ADN a unha secuencia de ARN. Para que poda levarse a cabo son necesarios os seguintes requisitos:

- Unha cadea de ADN que actúe como molde: das dúas cadeas que forman o xen, só unha se vai transcribir; chámase cadea molde. A cadea complementaria a ela chámase cadea informativa ou codificante (ten unha secuencia de bases idéntica á do ARNm).
- ARN-polimerases, que son as encimas que sintetizan o ARN.
- Ribonucleótidos trifosfato, que aportan, ademais, a enerxía necesaria para a formación dos enlaces fosfodiéster cando se hidrolizan para formar os ribonucleótidos monofosfato que forman parte da molécula de ARN.

4.1. TRANSCRIPCIÓN EN PROCARIOTAS

INICIACIÓN

No ADN existen dúas rexións de secuencias curtas situadas 35 e 10 pb antes do lugar onde se inicia a transcripción (de aí que se denominen rexións -35 e -10, respectivamente); estas secuencias forman a rexión promotora, que é recoñecida polo factor *sigma*, un compoñente da ARN polimerasa. O recoñecemento da rexión promotora permite a unión da ARN-polimerase á febra molde no sentido correcto no que se vai transcribir o xee. O primeiro nucleótido que se transcribe denomínase +1 e sempre leva unha purina como base nitroxenada.

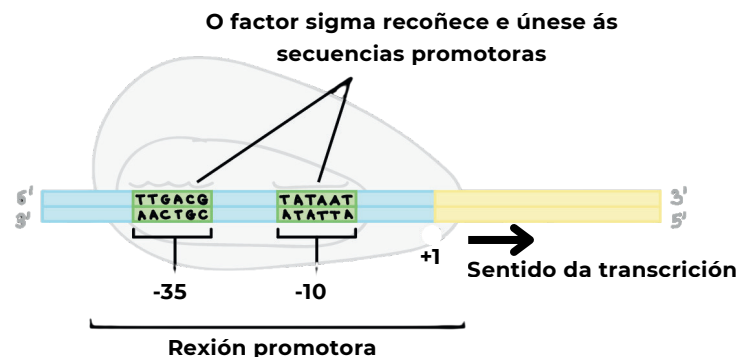


Figura 14. Inicio da transcripción en procariotas. As rexións promotoras están formadas por secuencias consenso que non varían ou varían pouco entre diferentes organismos. A que está situada na posición -35 adoita ter a secuencia TTGACA, mentres que a que está situada na posición -10 posúen a secuencia TATAAT (por iso tamén se denomina caixa TATA)

A ARN-polimerase provoca o desenrolamento da dobre hélice e a separación das dúas febras complementarias no lugar que se vai transcribir. Fórmase así unha burbulla de transcripción que permite a incorporación dos ribonucleótidos que formarán o ARN de nova síntese.

A ARN-polimerase provoca o desenrolamento da dobre hélice e a separación das dúas febras complementarias no lugar que se vai transcribir. Fórmase así unha burbulla de transcripción que permite a incorporación dos ribonucleótidos que formarán o ARN mensaxeiro.

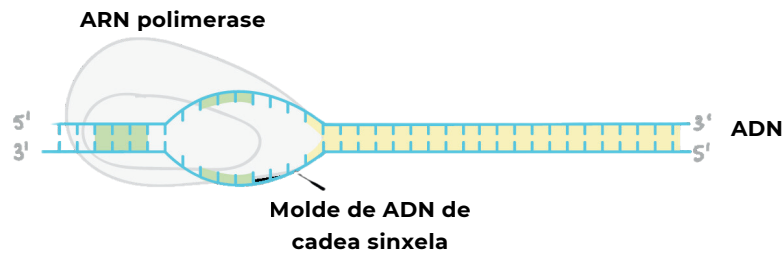


Figura 15. Apertura da burbulla de replicación por parte da ARN polimerase

ELONGACIÓN

Consiste na incorporación e unión de ribonucleótidos en sentido 5' → 3' por parte da ARN-polimerase, que vai lendo a mensaxe da febra molde en dirección 3' → 5'. Esta encima incorpora os nucleótidos dacordo coas normas de emparellamento da complementariedade de bases, catalizando a formación de enlaces fosfodiéster entre eles.

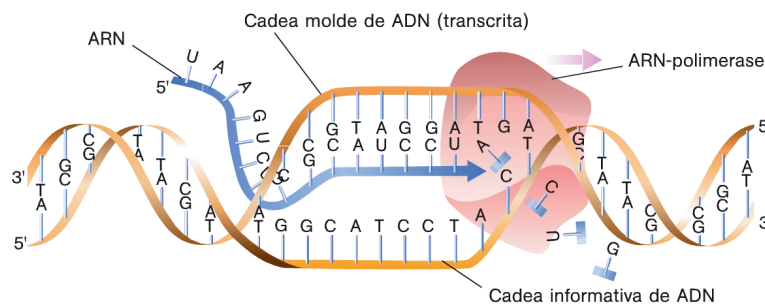


Figura 16. Fase de elongación da molécula de ARN en formación. A enerxía necesaria para a formación dos enlaces fosfodiéster procede da hidrólise dos ribonucleótidos trifosfato para transformarse nos ribonucleótidos monofosfato que se incorporan á cadea de ARN.

TERMINACIÓN OU FINALIZACIÓN

A ARN-polimerase realiza a transcripción ata que atopa uns sinais de terminación que indican o final proceso. Isto implica o peche da burbulla formada no ADN e a separación da ARN-polimerase do ARN transcrito. Nas bacterias existen dúas estratexias para levar a cabo este proceso de terminación, que sucede cando a ARN-polimerase transcribe unha secuencia de ADN chamada terminador.

- Terminación dependiente de *rho*: o ARN contén un sitio de unión para unha proteína chamada factor *rho*. Este factor únese a esa secuencia e comeza a desprazarse cara a ARN-polimerase ata alcanzala. Cando isto ocorre, o factor *rho* provoca a separación do ARN transcrito e do molde de ADN.
- Terminación independente de *rho*: depende de secuencias específicas na febra molde de ADN. Cando a ARN-polimerase chega a esta rexión rica en nucleótidos de G e C, dá lugar a unha rexión rica nestes mesmos nucleótidos no ARN transcrito. As bases de G e C únense entre si formando unha forquita estable por plegamento da cadea de ARN que provoca a detención da ARN-polimerase.

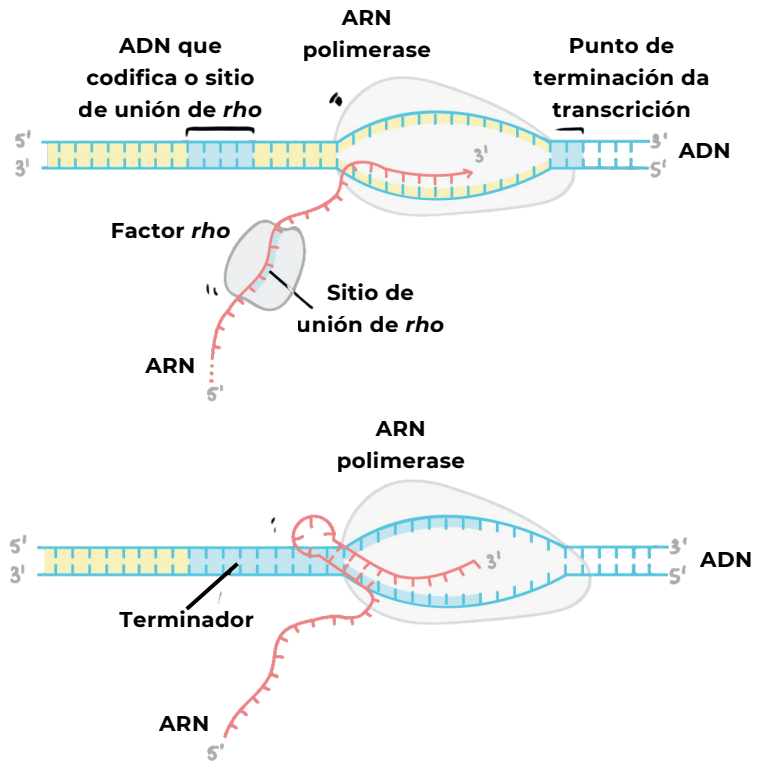


Figura 16. Mecanismos de terminación da transcripción: dependente de *rho* (arriba) ou independente de *rho* (abaixo)

MADURACIÓN DO ARN TRANSCRITO

Nos procariotas, os transcritos de ARNm están listos para a súa tradución inmediata; incluso o proceso de tradución pode comezar cando aínda non se completou a transcripción. Isto é posible porque nas bacterias non hai compartimentos membranosos internos que separen ambos procesos.

Por outra banda, o ARNm das células procariotas contén información para a síntese de varias proteínas diferentes (é policistrónico), de modo que os ribosomas poderán comezar a tradución en diferentes puntos do transcrito correspondentes ó inicio de diferentes xenes con información para diferentes proteínas.



Figura 17. O ARNm das células procariotas non necesita procesamento postranscricional e xa pode traducirse inmediatamente

Pola contra, o ARNr e ARNt fórmanse a partir da maduración dun transcrito primario, que sofre un proceso de corte e empalme para dar lugar aos diferentes ARNt e ARNr.

4.2. TRANSCRIPCIÓN EN EUCARIOTAS

A diferenza dos organismos procariotas:

- Nas células eucariotas a transcripción sucede no núcleo.
- Existen tres tipos de ARN-polimerases segundo o tipo de ARN que se vaia a sintetizar:
 - ARN-polimerase I: encárgase da formación dos ARNr.
 - ARN-polimerase II: sintetiza un ARN heteroxéneo nuclear que, tras o seu processamento, dá lugar ó ARNm.
 - ARN-polimerase III: transcribe os precursores dos ARNt e dun ARNr de pequeno tamaño.
- Os xenes que codifican as proteínas están fragmentados, de forma que sempre é necesario un proceso de maduración no que se eliminan as secuencias sen sentido ou intróns e se empalmen as secuencias con sentido ou exóns.

INICIACIÓN

No ADN eucariótico tamén existen centros promotores que son recoñecidos por factores de inicio da transcripción para permitir a unión da ARN-polimerase. O promotor máis frecuente nos xenes eucariotas é a coñecida como caixa TATA, situada uns 25 nucleótidos antes do inicio da transcripción. Esta rexión é recoñecida primeiro por un dos factores de inicio da transcripción, o que desencadena a unión doutros similares e, finalmente, da ARN-polimerase.

ELONGACIÓN

Este proceso ocorre de forma similar que nas células procariotas. A única diferenza é que trala transcripción dos primeiros 30 ribonucleótidos engádese no extremo 5' unha 'carapucha' formado por 7-metilguanosin-trifosfato que, ademais de protexelo da súa degradación, servirá de sinal para o recoñecemento do ribosoma no momento da tradución.

TERMINACIÓN

O sinal de terminación parece estar relacionado coa secuencia TTATTT, transcrita como AAUAAA e que, de forma similar ó que ocorre en procariotas, forma unha forquita no ARN transcrito que fai que este se libere do ADN molde e tamén da ARN-polimerase, finalizando así, o proceso de transcripción. En canto se produce a separación do ARN transcrito, a encima poli-A-polimerase engade ao extremo 3' unha secuencia formada por uns 200 nucleótidos de adenina, chamada cola poli-A (esta cola evita a degradación do ARN e está relacionada coa súa saída ao citoplasma).

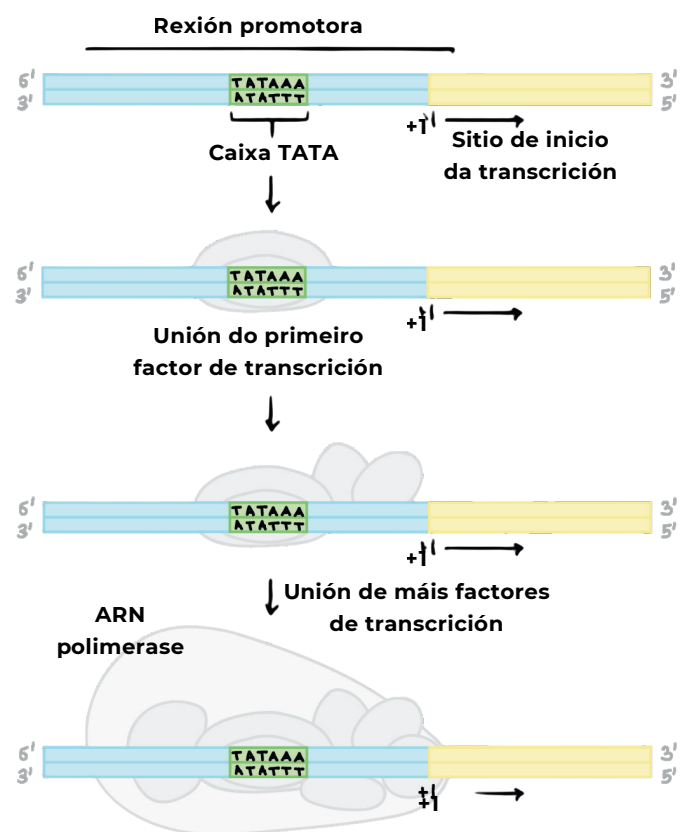


Figura 18. Iniciación da transcripción en células eucariotas

A molécula resultante do proceso de transcripción, que presenta secuencias intrónicas e exónicas alternantes, e posúe unha “carapucha” e unha “cola poli-A”, chámase transcrito primario ou preARNm ou ARN heteroxéneo nuclear (ARNhn).

MADURACIÓN OU PROCESAMENTO POSTRANSCRICIONAL

A maduración do transcrito primario consiste na eliminación dos intróns e a unión dos exóns mediante un mecanismo que se coñece como *splicing*. Este proceso ocorre no núcleo e é levado a cabo por unhas encimas denominadas ribonucleoproteínas pequenas nucleares (RNPpn) e que, en conxunto, forman o espliceosoma. As RNPpn recoñecen as rexións intrónicas, únense a elas e fan que adopten forma de bucle, o que provoca o achegamento dos extremos dos exóns. A continuación, o espliceosoma procede ó corte dos intróns e ó empalme dos exóns grazas a ARN-ligasas específicas que tamén forman parte do complexo encimático.

O ARNm xa maduro sae ao citoplasma coa información necesaria para a síntese dunha única proteína, polo que se denomina monocistrónico.

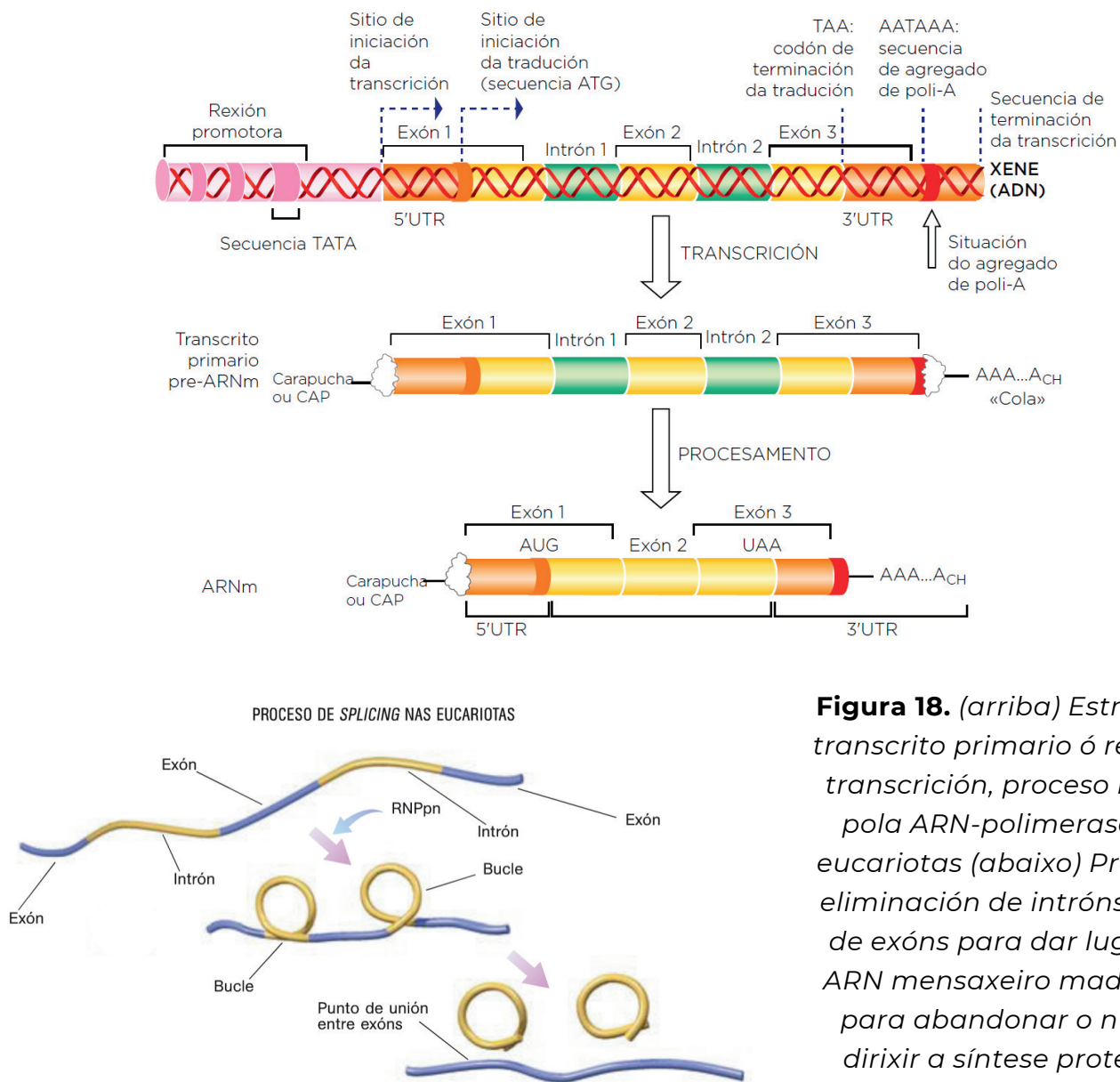


Figura 18. (arriba) Estrutura do transcrito primario ó rematar a transcripción, proceso liderado pola ARN-polimerase II nos eucariotas (abaixo) Proceso de eliminación de intróns e unión de exóns para dar lugar a un ARN mensaxeiro maduro listo para abandonar o núcleo e dirixir a síntese proteica no citoplasma.

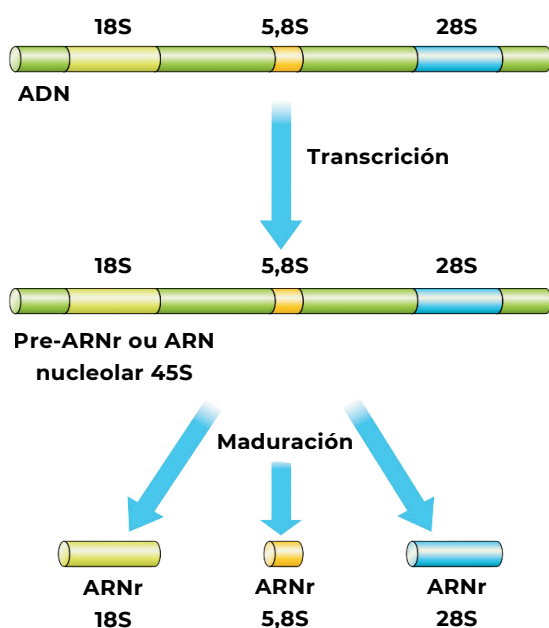


Figura 19. A ARN polimerase I é a responsable da transcripción dos xenes que dan lugar ós ARN ribosómicos. Despois do proceso de transcripción obtense un transcrito primario chamado ARN nucleolar. Tras un proceso de maduración no sofre varios cortes, orixina 3 tipos de ARN ribosómicos: 28S, 18S e 5,8S

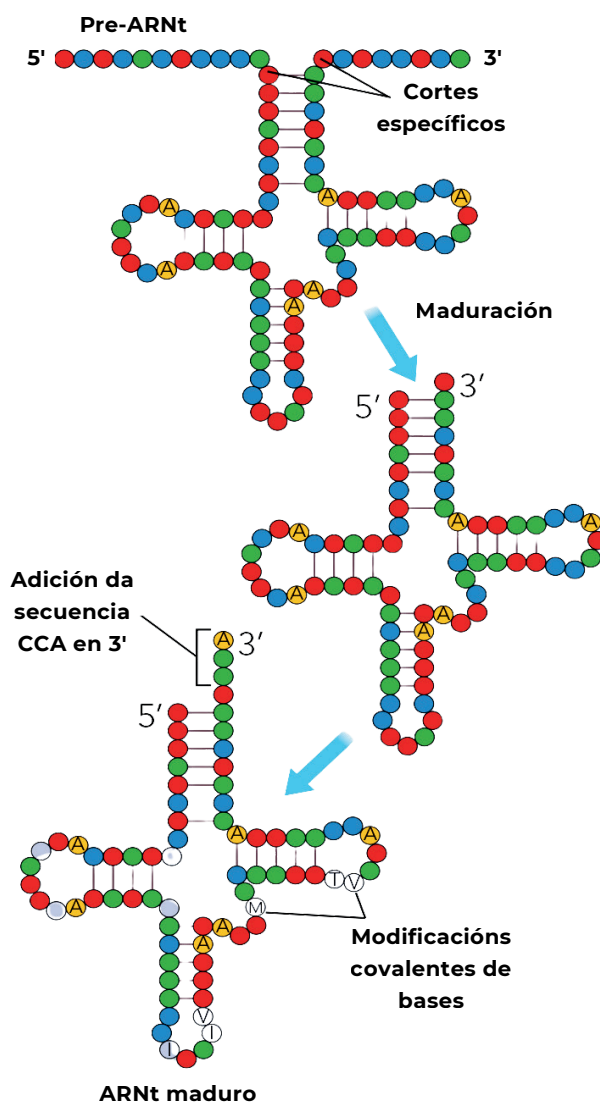


Figura 20. Os pre-ARNt sintetizados pola ARN-polimerase III sofren cortes específicos en diferentes lugares da cadea xunto con outras transformacións, como a modificación covalente dalgunhas bases nitroxenadas (formación de ribotimidina, seudouracilo, etc.) ou a adición da secuencia CCA no extremo 3'

Diferenzas entre a transcrición de procariotas e eucariotas

PROCARIOTAS	EUCARIOTAS
Ten lugar no citoplasma	Ten lugar no núcleo
Rexións promotoras a -35 (TTGCA) e a -10 (TATAAT)	Rexión promotora a -25 (caixa TATA)
Xenes contínuos (só posúen secuencias codificadoras de proteínas)	A maioría dos xenes son descontínuos (teñen intróns non codificantes e exóns codificantes)
Un só tipo de ARN-polimerase	3 tipos de ARN-polimerases: ARN-polimerase I sintetiza ARNr ARN-polimerase II sintetiza ARNh _n --> ARNm ARN-polimerase III sintetiza ARNt e ARNr de pequeno tamaño
Terminación dependente de rho ou independente de rho a través de secuencias ricas en C e G	Terminación a través da secuencia TTATTT, que se transcribe como AAUAAA
ARNm non sofre modificacións postranscripcionais (só o ARNr e os ARNt se procesan despois da transcrición)	ARNm son produto de modificacións postranscripcionais nas que se eliminan intróns e se unen exóns. Tamén os ARNr e os ARNt son procesados despois da transcrición
ARNm policistrónico	ARNm monocistrónico

4.3. A TRANSCRICIÓN INVERSA

A transcrición inversa ou retrotranscrición é o proceso polo que a partir de ARN se sintetiza ADN, utilizando a molécula de ARN como molde.

Este proceso dáse nos retrovirus (virus ARN), como o VIH, cuxa información xenética está contida no ARN. O ADN constitúe un intermediario no proceso da replicación do virus. Para iso, teñen un encima que se denomina retrotranscritase ou transcritase inversa, capaz de sintetizar ADN usando como molde unha cadea de ARN.

A transcrición inversa non ten lugar nin nas células procariotas nin nas eucariotas, e constitúe unha excepción no dogma central da bioloxía molecular proposto por Crick.

5.3. MECANISMO DA TRADUCIÓN

A tradución realízase nos ribosomas, orgánulos citoplasmáticos que poden atoparse libres no citosol ou ancorados ao RER. Están formados por dúas subunidades, unha pequena e outra grande, formadas por ARNr e proteínas.

Excepto con pequenas diferenzas, a síntese proteica transcorre de igual forma en procariotas que en eucariotas, e nela distínguense varias etapas:

- Activación dos aminoácidos.
- Tradución.
- Iniciación da síntese.
- Elongación da cadea polipeptídica.
- Terminación da síntese.
- Pregamento da proteína.

ACTIVACIÓN DOS AMINOÁCIDOS

Cada ARNt únese a un aminoácido específico segundo o triplete do seu anticodón coa intervención dunha encima chamada aminoacil-ARNt-sintetase, dando lugar a un complexo denominado aminoacil-ARNt. A reacción require enerxía, que é achegada pola molécula de ATP.

A unión do aminoácido ao seu ARNt específico prodúcese a través do grupo carboxilo do aminoácido e o grupo –OH do extremo 3' do ARNt

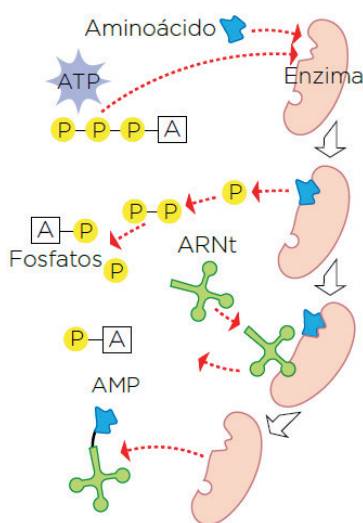


Figura 21. *Reacción de formación dun aminoacil-ARNt calquera. Existen 20 diferentes na célula, cada un formado por ARNt e un dos 20 aminoácidos que forman as proteínas. A formación de cada un deles está catalizada por una aminoacil-ARNt-sintetase específica*

TRADUCIÓN

• Iniciación

A síntese proteica iníciase cando a subunidade menor do ribosoma e o ARNm se unen nun punto localizado preto do codón iniciador AUG, que marca o inicio da biosíntese. A continuación entra no ribosoma o aminoacil-ARNt complementario ao codón de iniciación. Este primeiro ARNt leva unido o aminoácido N-formilmetionina (f-Met) nas bacterias, ou metionina (Met) en eucariotas.

A subunidade menor do ribosoma, o ARNm e o primeiro aminoacil-ARNt forman o complexo de iniciación da tradución. Ao final desta etapa, a subunidade maior do ribosoma únese ao complexo de iniciación para formar un ribosoma completo dotado de tres sitios

de fixación: o sitio P (peptidil), que queda ocupado polo ARNt-Met; o sitio A (aminoacil), onde se situará o seguinte aminoacil-ARNt; e o sitio E ou sitio de saída, no que se sitúa o ARNt sen aminoácido que está a piques de saír do ribosoma. Este proceso require enerxía en forma de GTP e proteínas citosólicas específicas denominadas factores de iniciación.

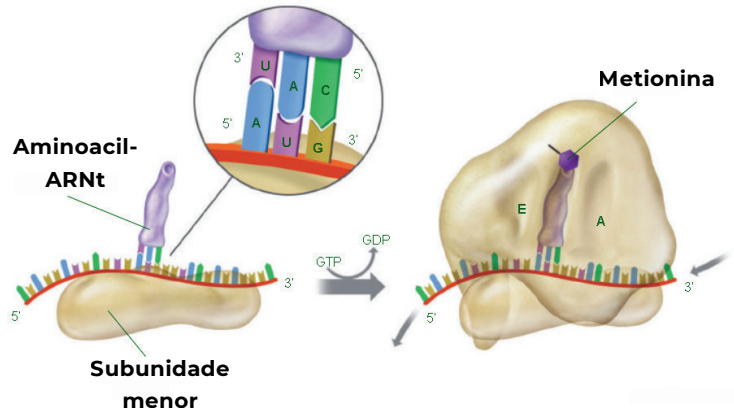


Figura 22. Complexo de iniciación da tradución

- Elongación

A elongación consiste no alongamento da cadea polipeptídica mediante a adición de aminoácidos ó extremo carboxilo da cadea.

Iníciase cando un segundo aminoacil-ARNt, cuxo anticodón é complementario ao codón situado a continuación do iniciador, chega ao ribosoma e ocupa o sitio A que se acha libre. O seguinte paso é a formación dun enlace peptídico entre o aminoácido que ocupa o sitio P (metionina) e o novo aminoácido que ocupa o sitio A. A metionina, que está unida polo seu grupo carboxilo ó ARNt, rompe este enlace e únese, mediante un enlace peptídico, ó grupo amino do aminoácido recién chegado. Esta unión está catalizada pola encima peptidil-transferase. O resultado é a formación dun dipéptido aloxado no sitio A. O centro P queda, pois, ocupado por un ARNt sen aminoácido.

A continuación prodúcese a translocación ribosomal que implica o desprazamento do ribosoma 3 nucleótidos ao longo do ARNm en sentido 5' → 3'. O primeiro ARNt abandona o ribosoma polo sitio E e o dipeptidil ARNt queda agora no centro P, quedando o sitio A libre. Nestas condicións, outro aminoacil-ARNt pódese incorporar ao sitio A, de maneira que o proceso de alongamento da cadea proteica pode continuar, repetíndose o ciclo.

Todo este proceso necesita enerxía, que proporciona o GTP, e a intervención de proteínas específicas denominadas factores de elongación.

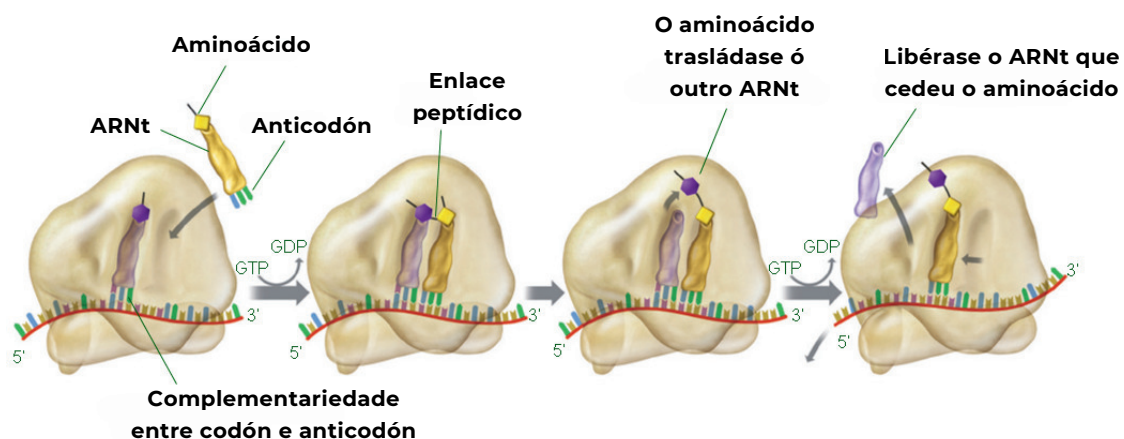


Figura 23. Elongación da cadea polipeptídica en formación. A ricina é unha proteína do grupo das lectinas que se extrae das sementes do ricino. É un dos venenos máis potentes xa que rompe os enlaces N-glicosídicos das bases de adenina do ARNr 28S da subunidade grande dos ribosomas eucariotas, inhibindo así a actividade da peptidil-transferase

- Terminación

O final da síntese ten lugar cando o ribosoma chega a un lugar do ARNm onde se atopa un codón de terminación (UAA, UAG, UGA) que non é recoñecido por ningún ARNt pero si por uns factores de liberación (RF) de natureza proteica que se sitúan no sitio A e fan que a peptidil-transferase separe, por hidrólise, a cadea polipeptídica do ARNt. Estes factores necesitan consumir GTP para actuar.

Unha vez completada a tradución, a proteína formada, o ARNm e o ARNt abandonan o ribosoma, que se disocia nas súas dúas subunidades ata o momento en que se inicie unha nova síntese.

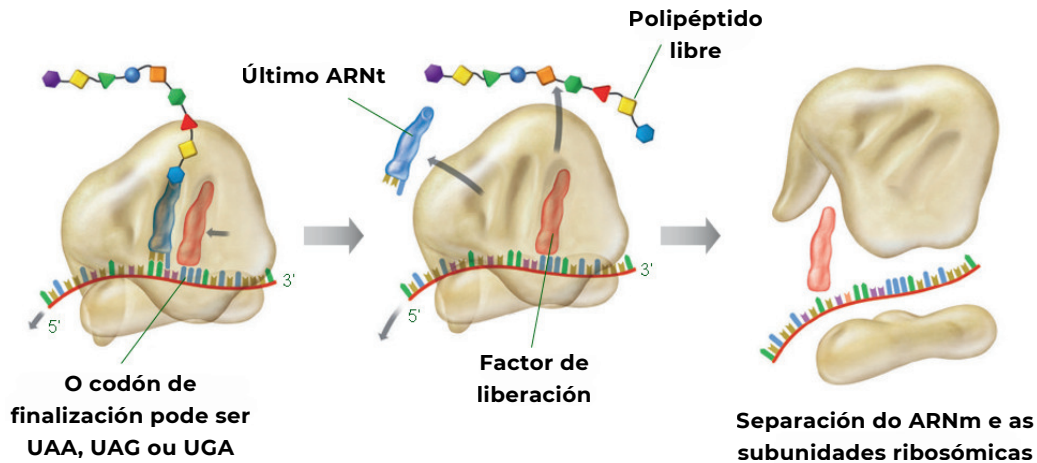


Figura 24. Finalización da síntese da cadea polipeptídica

Un mesmo ARNm, se é o suficientemente longo, pode ser traducido por varios ribosomas á vez, un detrás doutro, formando un polirribosoma ou polisoma, que é observable con axuda do microscopio electrónico.

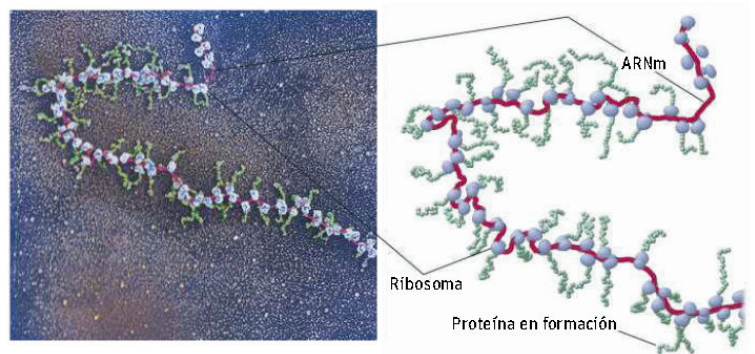


Figura 25. Estrutura dun polisoma. Á esquerda imaxe obtida cun microscopio electrónico de varrido.

MADURACIÓN POSTRADUCIONAL DO POLIPÉPTIDO

A maior parte dos polipéptidos recién sintetizado non son funcionais polo que deben experimentar diferentes modificacións para transformarse en proteínas funcionamente activas. Entre estas modificacións atópanse as seguintes:

- Formación de interaccións intra e intercatenarias que permiten o pregamento tridimensional da proteína ata acadar a súa estrutura nativa.
- Adición de grupos postéticos.
- Modificación covalente dalgúns aminoácidos mediante fosforilacións, acetilacións, metilacións, etc.
- Cortes proteolíticos que acurtan o péptido: separación da secuencia sinal, perda da metionina inicial, eliminación dun péptido intermedio, etc.

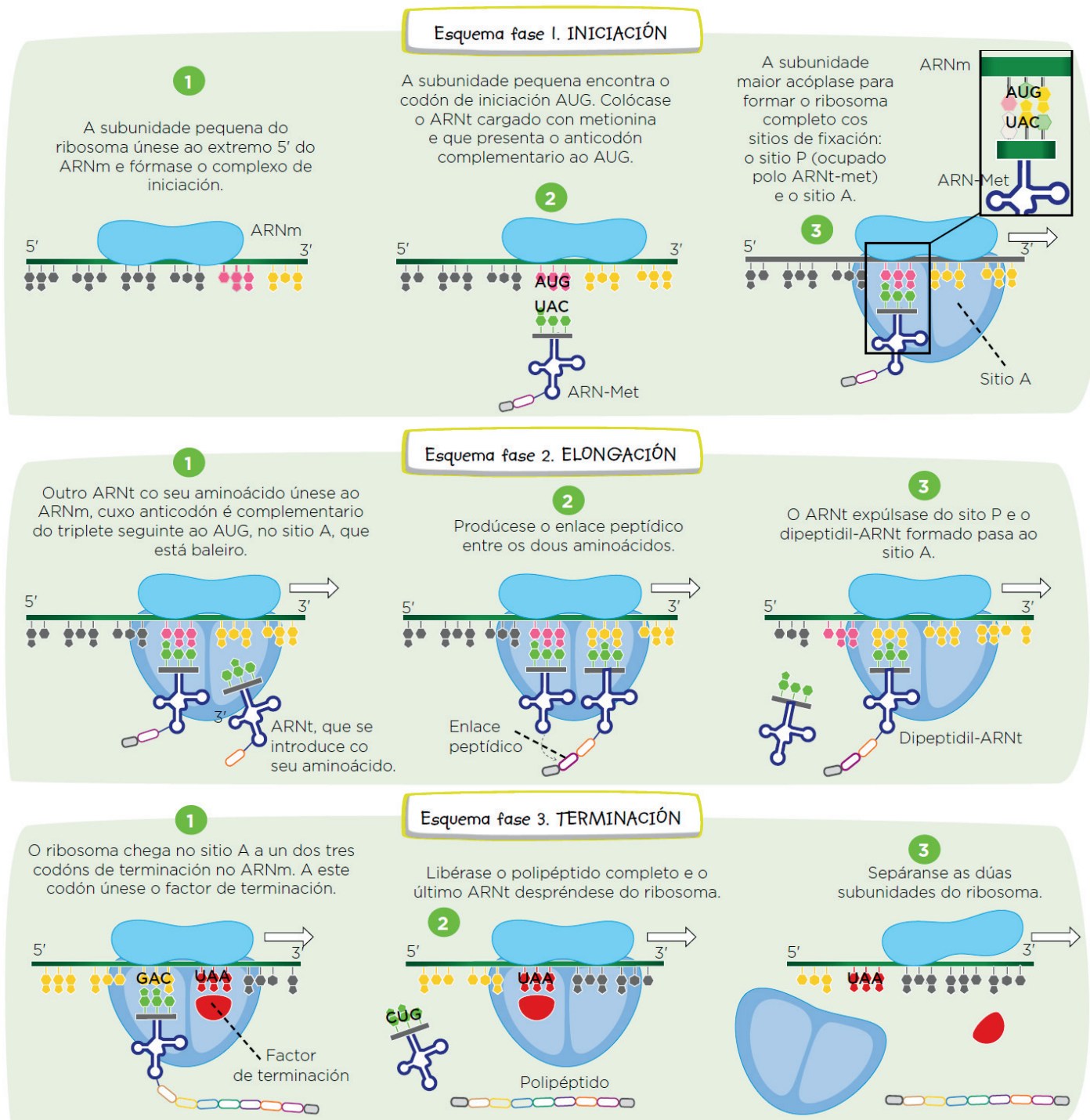


Figura 26. Esquema-resumo do proceso completo da tradución. Este proceso é diana de moitos antibióticos xa que o seu bloqueio é clave para a supervivencia das células. Así por exemplo, a estreptomicina é un trisacárido que se une á subunidade 30S do ribosoma das procariotas e interfere no inicio da síntese proteica. A eritromicina bloquea a traslocación do ribosoma procariota e inhibe a elongación da cadea polipeptídica. A tetraciclina únese á subunidade 30S do ribosoma e bloquea o sitio A, o que impide a entrada do aminoacil-ARNt. O cloranfenicol únese á subunidade 50S dos ribosomas procariotas e mitocondriais e bloquea a actividade do complexo peptidil-transferase. A cicloheximida ten o mesmo mecanismo de acción pero nos ribosomas eucariotas. A puromicina ten unha forma similar a un aminoacil-ARNt, o que lle permite colocarse no sitio A dos ribosomas provocando a interrupción prematura da síntese proteica.

6. REGULACIÓN DA EXPRESIÓN XÉNICA

Un dos principios básicos de funcionamento do metabolismo celular é o da economía. Así, unha célula non sintetiza todas as proteínas que pode, senón as que necesita nun momento determinado. A regulación da expresión xénica pode levarse a cabo en diferentes momentos, pero o frecuente é que ocorra durante a transcripción.

6.1. REGULACIÓN DA EXPRESIÓN XÉNICA NAS PROCARIOTAS

Unha célula procariota debe adaptarse en todo momento ás condicións do medio ambiente, é dicir, dispoñibilidade de nutrientes, luz, temperatura, etc. Un dos modelos de regulación da expresión xénica mellor coñecidos en procariotas é o modelo do operón, descrito no ano 1961 por Jacob e Monod en *E. coli*.

Un operón é un grupo de xenes estruturais cuxa expresión está regulada por distintos elementos de control e por xenes reguladores. Componse dos seguintes elementos:

- Xenes estruturais. Codifican a síntese das proteínas encimáticas que participan nun determinado proceso bioquímico.
- Xene regulador. Pode estar situado en calquera lugar do cromosoma bacteriano, e codifica a proteína que actúa como represor.
- Promotor. É unha secuencia de nucleótidos do ADN, á que se une a ARN-polimerase para a iniciar a transcripción dun xene ou un conxunto de xenes.
- Operador. É unha secuencia de ARN recoñecida polo represor; cando isto ocorre impídese o avance da ARN-polimerase, co que a transcripción se interrompe e se produce unha represión xénica (os xenes non se expresan). Cando o represor se separa, a transcripción xa é posible.
- Indutor. Substrato ou composto cuxa presenza induce á expresión dos xenes.

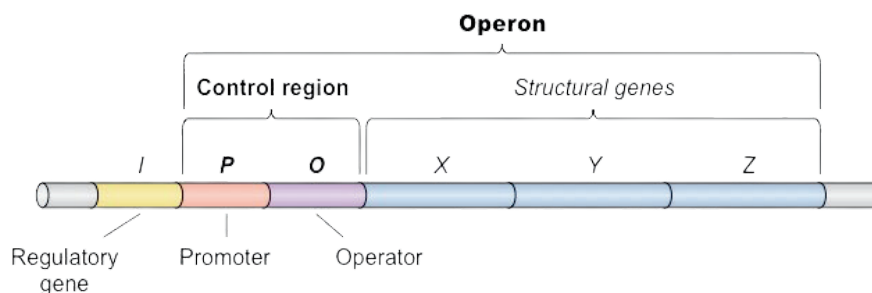


Figura 27. Estrutura xeral dun operón procariota

Os operóns poden ser inducibles ou reprimibles. No primeiro caso, o operón está normalmente 'apagado', pero poden activarse en presenza dunha pequena molécula chamada inductor. O operón lactosa ou operón lac, é un exemplo de operón inducible xa que se activa so cando hai lactosa no medio. Un operón reprimible, pola contra, atópase normalmente 'encendido', pero a presenza dun correpresor fai que se inactive. O operón triptófano ou operón trp é un operón reprimible que se expresa continuamente pero pode inactivarse cando hai altos niveis do aminoácido triptófano.

OPERÓN LACTOSA (OPERÓN LAC).

A bacteria *Escherichia coli* utiliza 3 encimas para metabolizar a lactosa, cuxa síntese depende de tres xenes que se agrupan no operón lac:

- Xene lacZ: codifica a β -galactosidase, que hidroliza a lactosa en glicosa e galactosa.
- Xene lacY: codifica unha permease, a proteína que facilita o transporte de lactosa cara a célula.
- Xene lacA: codifica a encima transacetilase, cuxa función no metabolismo da lactosa non está clara.

Cando non hai lactosa no medio, unha proteína chamada represor lac (sintetizada a partires do xene regulador do operón) atópase unida ó operador, o que bloquea o avance da ARN-polimerase e impide a transcrición. Cando a lactosa está presente, fórmase un derivado da mesma, a alolactosa, que se une ó represor, impedindo que se acople ó ADN. Desta forma, a ARN-polimerase pode avanzar e transcribir os xenes estruturais que formarán a tres encimas implicada no metabolismo de degradación da lactosa. A alolactosa actúa como indutor, activando a expresión das encimas implicadas no metabolismo da lactosa.

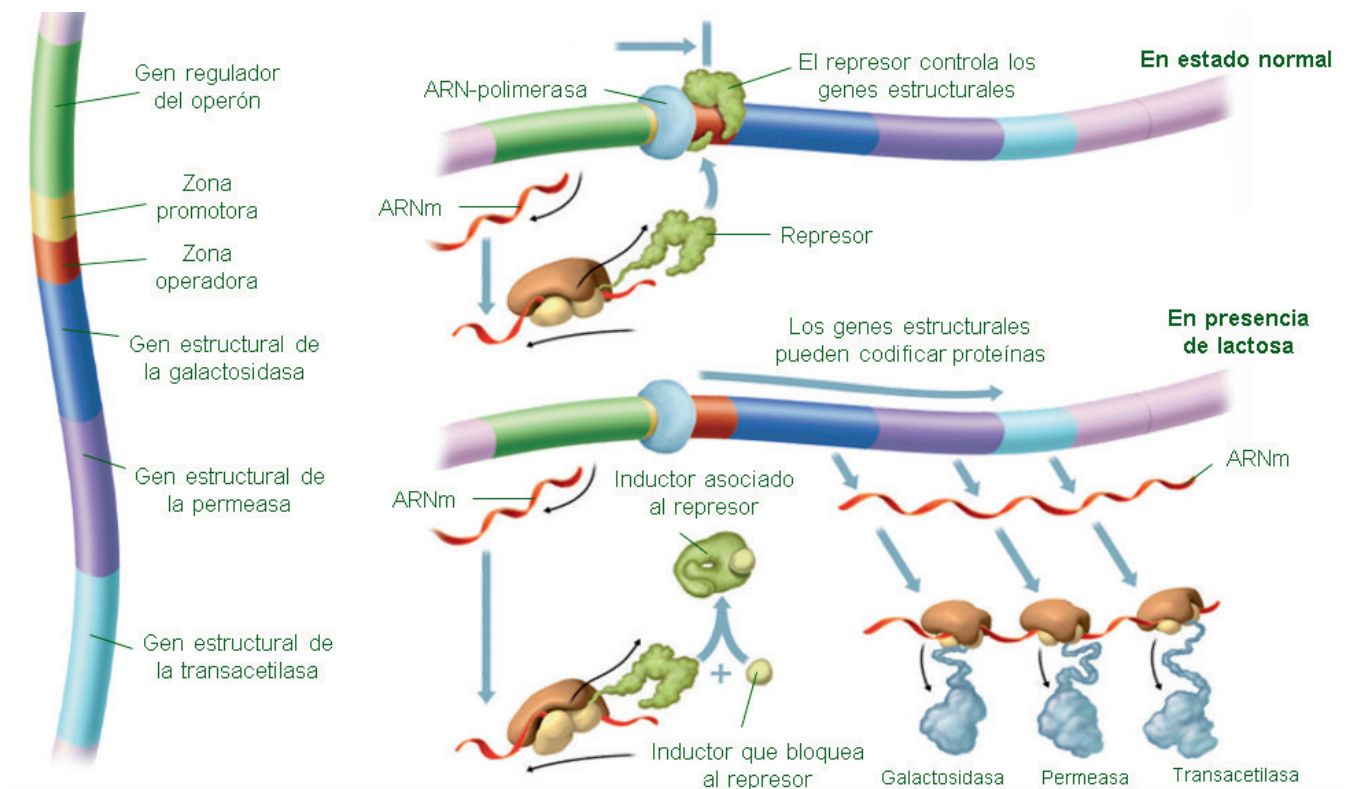


Figura 28. Estrutura e funcionamento do Operón Lac. Este sistema emprégase de forma habitual nos laboratorios de bioloxía molecular para detectar a presenza ou ausencia dun determinado xene introducido de forma artificial nalgún plásmido bacteriano.

6.2. REGULACIÓN DA EXPRESIÓN XÉNICA NAS EUCARIOTAS

A regulación xénica é a forma na que unha célula controla que xenes, de todos os que forman o seu xenoma, se expresan e cales están reprimidos. Gracias a este mecanismo, cada tipo celular dun organismo pluricelular como é o ser humano, ten un conxunto diferente de xenes activos, a pesares de que case todas as células do corpo conteñen exactamente o mesmo ADN. Estes diferentes patróns de expresión xénica causan que os diversos tipos celulares teñan diferentes conxuntos de proteínas, o que fai que cada tipo de célula estea exclusivamente especializada para facer o seu traballo.

A expresión xénica en eucariotas implica moitos pasos e case todos poden regularse:

- Accesibilidade da cromatina. A cromatina cun empaquetamento máis compacto impide o acceso da maquinaria de transcrición ós xenes; en cambio, unha cromatina cun empaquetamento máis laxo fai que un xen se atope máis disponible para a transcrición. Por outra banda, observouse que algúns encimas engaden grupos acetilos ás histonas (acetilación de histonas), de forma que os nucleosomas non poden unirse entre si, a cromatina descondénsase e favorécese a transcrición.
- Transcrición. A presenza de factores de transcrición é esencial para promover ou reprimir a formación de ARN. Algunhas modificacións como a metilación do ADN (unión covalente dun grupo metilo a unha citosina) impiden a unión de factores de transcrición ó ADN, o cal provoca a inhibición da expresión xénica dos xenes que as conteñen. Estes procesos coñécense como mecanismos epixenéticos e poden ser herdados pola descendencia celular da célula que os contén.
- Procesamento do ARN. O proceso de splicing, a adición da caperuza CAP no extremo 5', ou a adición da cola poli-A no extremo 3', son procesos que poden regularse. Tamén a saída do núcleo cara os ribosomas é un proceso regulado.
- Estabilidade do ARN. A duración dunha molécula de ARNm no citosol afecta ó número de proteínas que poden sintetizarse a partires del. Existen pequenos ARN reguladores, chamados miARN, que poden unirse a ARNm obxectivos e facer que se degraden.
- Tradución. Este paso de síntese proteica pode verse acelerado ou inhibido ante a presenza de reguladores. Por exemplo, hai miARN que bloquean a tradución dos seus ARNm diana.
- Actividade da proteína. As modificacións postraducionais que sofren as proteínas para resultar en moléculas funcionais tamén son procesos regulados que poden afectar á súa actividade ou comportamento.

REPASO PAU

REPLICACIÓN, TRANSCRICIÓN E TRADUCCIÓN

GALICIA

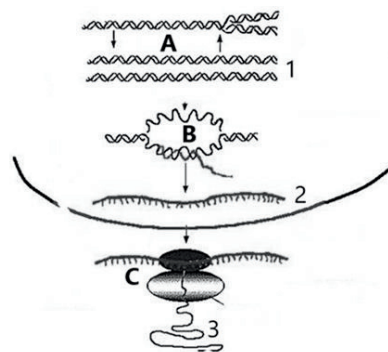
Xuño 2007 - Explica brevemente cómo se produce o fluxo de información xenética nun organismo. Di en qué consiste cada un dos procesos biolóxicos implicados neste fluxo.

Xuño 2016 - Explique brevemente como se produce o fluxo de información xenética nun organismo. Diga en que consiste cada un dos procesos biolóxicos implicados neste fluxo, indicando en qué parte da célula eucariótica se producen os devanditos procesos.

Xuño 2009 - a) Fai un esquema sobre o fluxo da información xenética b) Di en qué consiste cada un dos procesos biolóxicos implicados neste fluxo c) Explica que é o código xenético e cales son as súas características.

Setembro 2018 - Realice un esquema sobre o fluxo da información xenética. Diga en que consiste cada un dos procesos biolóxicos implicados neste fluxo. Explique que é o código xenético e cales son as súas características.

Extraordinaria 2023 - A figura 4 refírese a unha célula eucariota. En relación a ela, conteste ás seguintes cuestións: A) Que moléculas son as representadas polos números 1, 2 e 3? B) Que procesos son os representados polas letras A, B e C? En que lugar da célula eucariota ten lugar cada proceso? C) Indique as encimas responsables de levar a cabo os procesos A e B. D) Nos eucariotas, a molécula 2 está lista para realizar o proceso C tal e como sae do proceso B? Desenvolva a resposta.



Setembro 2018 - Indique cales son os enzimas implicadas no proceso da replicación do ADN explicando brevemente a súa función.

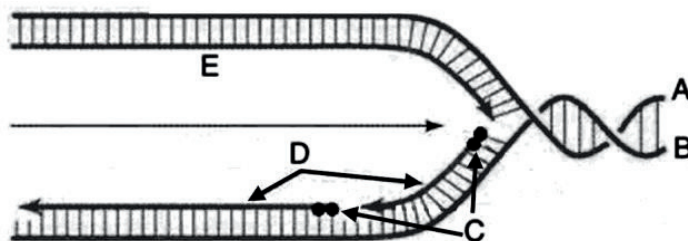
Setembro 2010 - En relación co proceso de replicación do ADN, indica de xeito breve, qué función desempeñan os seguintes enzimas: ADN polimerasa, helicasas, ligasas e topoisomerasas. Que son os fragmentos de Okazaki?

Xuño 2011 - ¿Como se replicaría unha molécula de ADN? ¿Onde ten lugar o devandito proceso? Indique os diferentes encimas implicados e a súa función no proceso da replicación.

Setembro 2011 e Xuño 2014 - Explique brevemente en qué consisten os seguintes procesos e indique en qué lugar da célula eucariótica teñen lugar: replicación, transcripción e tradución.

Setembro 2002 - Define: histona, intrón, ARNpolimerasa e reversotranscriptasa. ¿Que xenes se transcriben pero non se traducen?

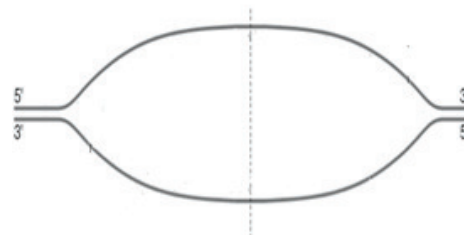
Ordinaria 2022 - a) Que proceso aparece representado na figura 3? Identifique os extremos e as moléculas sinaladas con letras. b) Explique o proceso facendo referencia ao papel das distintas encimas implicadas no mesmo.



Extraordinaria 2024

A) Que representa a figura 5?

B) Copie o debuxo no exame e compléteo coas novas cadeas formadas, indicando: extremos 5' e 3' de cada unha delas, dirección de síntese, orixe, cadeas condutoras, cadeas retardadas, cebadores e fragmentos de Okazaki.



Extraordinaria 2020 - a) En relación coa figura 5, como se denominan cada un dos pasos indicados con frechas no esquema? Onde se levan a cabo nunha célula eucariótica? Escriba que codóns corresponden a cada un dos 5 aminoácidos. Se unha mutación puntual provoca que a primeira base da molécula 2 pase a ser un C no canto dun A, que cambio se orixina na secuencia da molécula 3? b) Con respecto á replicación do ADN. Onde se leva a cabo este proceso na célula eucariota? Indique cal é a función desempeñada por: helicasa, xirasa e topoisomerasa, ARN polimerasa/ primasa, ADN polimerasa, ADN ligasa e proteínas SSB.

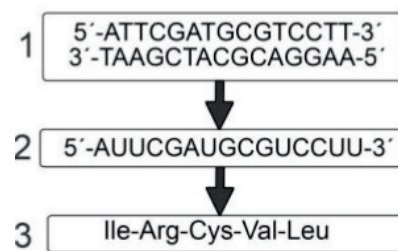
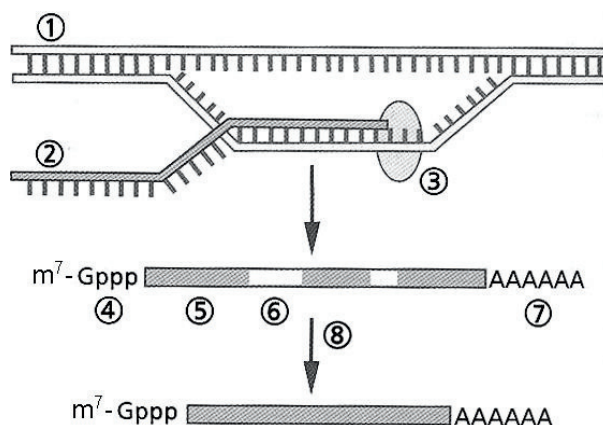


Figura 5

Extraordinaria 2021 - Na figura 5 represéntase un importante proceso celular: a) como se chama o proceso?; b) identifique os números da figura 5; c) como se chama a molécula obtida e en que proceso posterior se emprega?; d) indique cales serán os anticodóns dos ARN transferentes correspondentes á molécula de ARNm 5'-GUU-UUC-GCA-UGG-3'; e) indique a secuencia de ADN que serviu de molde para este mesmo ARN mensaxeiro.



Ordinaria 2024

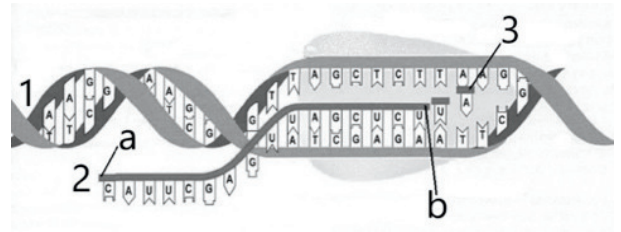
A) Identifique o proceso representado na figura 3 e indique en que lugar da célula eucariota se leva a cabo.

B) Indique o nome das moléculas 1 e 2, e do monómero 3.

C) Cal é o encima responsable de colocar a molécula 3 na súa posición correcta?

D) Como se denominan os extremos da molécula 2 sinalados como a e b na figura?

D) Indique cales son as principais diferenzas que existen, neste proceso, entre as células eucariotas e as células procariotas.

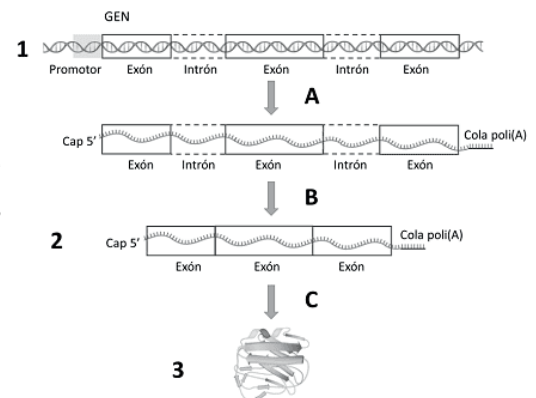


Ordinaria 2025

Ordinaria 2025

A) Que proceso está representado na figura? Explique as diferenzas máis salientables deste proceso entre as células procariotas e as eucariotas.

B) Identifique as moléculas 1, 2 e 3. Que partes do proceso están indicadas coas letras A, B e C?



Extraordinaria 2022 - Considere o seguinte fragmento de ADN:

5'-GCTTCCCAAGCTTCCCAA-3'

3'-CGAAGGGTTCGAAGGGTT-5'

Supoña que a febra superior do ADN que se mostra é empregada como molde pola ARN polimerasa: a) Escriba a molécula de ARN que se transcribiría a partir deste segmento. Marque os extremos 5' e 3' do ARN transcrito. b) Empregue o código xenético (figura 4) para traducir este ARN e escriba a secuencia de aminoácidos, marcando os extremos carboxilo e amino do péptido obtido. c) Repita a operación supoñendo agora que a febra molde do ADN é a inferior. d) Con esta información, podería saber con certeza cal das dúas cadeas deste fragmento de ADN se usa realmente como molde na célula? Explique por que.

Xuño 2010 - Explica brevemente o proceso de transcripción en eucariotas. En que consiste a maduración do ARN mensaxeiro? Dada a seguinte secuencia de ARN mensaxeiro maduro e utilizando a representación do código xenético adxunto na Figura 1, cal sería a cadea peptídica formada? Que acontecería se fosen eliminados os dous nucleótidos sinalados en negra e suliñados?

5'-AUGUCCCAGAUAGAAACGUAUCAAGUUAUAUUUGA-3'

Setembro 2016 - Explique que se entende por código xenético. Que significan os termos codón e anticodón? Que son os codóns sen sentido ou de terminación? Describa as características do código xenético.

Extraordinaria 2025

TEXTO: Víctor Ambros e Gary Ruvkun gañaron este luns, 7 de outubro de 2024, o Premio Nobel de Medicina.

Os dous científicos estadounidenses descubriron os microARN, unha nova clase de diminutas moléculas de ARN que

desempeñan un papel crucial na regulación dos xenes. O seu revolucionario descubrimento, no pequeno verme C.

Elegans revelou un principio completamente novo de regulación xenética, que resultou ser esencial para os organismos

pluricelulares, incluído o ser humano.

Todas as células do corpo humano conteñen a mesma información xenética en bruto, encerrada no noso ADN. Pero, a

pesar de partir da mesma información xenética, as células do corpo humano son moi diferentes en forma e función.

Toda esta variedade pode xurdir do mesmo material de partida grazas á expresión xenética.

Os científicos estadounidenses foron os primeiros en descubrir os microARN, e como estes exercen un control sobre a

forma na que os xenes se expresan de maneira diferente nos distintos tecidos. Sen

a capacidade de controlar a expresión xénica, cada célula dun organismo sería

idéntica, polo que os microARN axudaron a posibilitar a evolución de formas de vida

complexas. A regulación anómala dos microARN pode contribuír á aparición de

enfermidades como certos tipos de cancro ou algunhas enfermidades conxénitas.

Adaptado de: BBC News Mundo, 7 de outubro de 2024

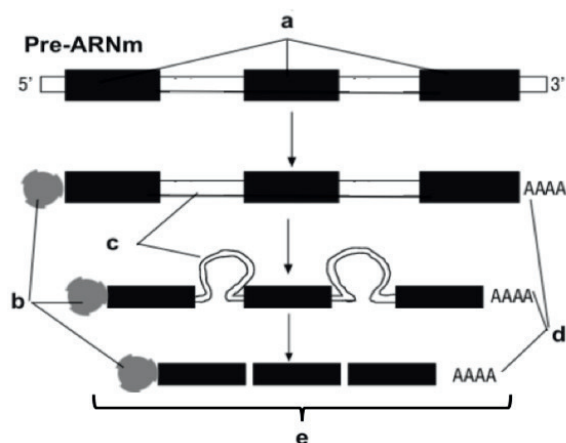
1.1. A partir da información do texto, indique a función dos microARN e sinala dúas posibles consecuencias da súa regulación anómala.

1.2. Explique, brevemente, como se expresa a información xenética. Na explicación deben aparecer os seguintes termos: ADN, ARNm, proteína(s), tradución e transcrición.

1.3. Identifique o proceso representado na figura e indique o que representan as letras a, b, c, d e e.

1.4. Explique por que hai distintos tipos celulares nunha persoa pese a que todas as súas células teñen a mesma información xenética.

1.5. Ademais do microARN, existen outros tipos de ARN. Cite tres deles.



Setembro 2001 - Nun segmento da cadea de ADN a secuencia de bases é
3'-TACCTACTGGCATTTCATGCGAACG-5'.

- a) ¿Cal sería a secuencia de bases dunha cadea de ARNmenseixeiro transcrita a partires de ese segmento de ADN? ¿En que lugar da célula eucariota se realiza este proceso? b) Tendo en conta o código xenético do cadro adxunto, escribe a secuencia de aminoácidos codificada polo ARNm do apartado anterior. ¿En que lugar da célula eucariota se realiza este proceso? c) ¿Que ocorrería si a última base escrita (G), debido a unha mutación, se cambiase por A? ¿e se se cambiase por C? Explica as consecuencias de cada una de estas mutacións sobre a estrutura e a función da proteína. d) Define: cromatina, nucleosoma, cromátida irmán, cromátida homóloga. e) ¿Cal é o papel da reversotranscriptasa? ¿En que organismos se encontra?

		Segunda letra				
		U	C	A	G	
Primeira letra (extremo 5')	U	UUU] phe UUC] UUA] leu UUG]	UUU] UUC] ser UUA] UUG]	UUU] tyr UUC] UUA] stop UUG] stop	UUU] cys UUC] UUA] stop UUG] trp	U
	C	CUU] CUC] leu CUA] CUG]	CUU] CUC] pro CUA] CUG]	CUU] his CUC] CUA] gln CUG]	CUU] CUC] arg CUA] CUG]	U C A G
	A	AUU] AUC] ile AUA] AUG] met	AUU] AUC] thr AUA] AUG]	AUU] AUC] asn AUA] AUG] lys	AUU] AUC] ser AUA] AUG] arg	U C A G
	G	GUU] GUC] val GUA] GUG]	GUU] GUC] ala GUA] GUG]	GUU] GUC] asp GUA] GUG] glu	GUU] GUC] gly GUA] GUG]	U C A G
						Tercera letra (extremo 3')

Ordinaria 2020 - Empregando a figura 4 (código xenético): a) Determine a secuencia das dúas febras do fragmento de ADN do que provén este ARNm (5'... UUC GCC AAU GUA ACC AAA ACU CCU CGG...3') e a correspondente secuencia de aminoácidos que se orixina na tradución (indicando as polaridades en ambos os casos). b) O ARNm do apartado anterior codifica un fragmento dun polipéptido. Nunha célula, aparece unha variante deste fragmento polipeptídico que contén Lisina na posición 3a da secuencia. Escriba as posibles secuencias de bases do ADN que puideron orixinar a nova variante. Que tipo de mutación puido provocar a modificación?

Ordinaria 2021 - A partir da seguinte secuencia de nucleótidos:

CGA CCC CTC ATA GGC AAA CAC CGC TAT ATC

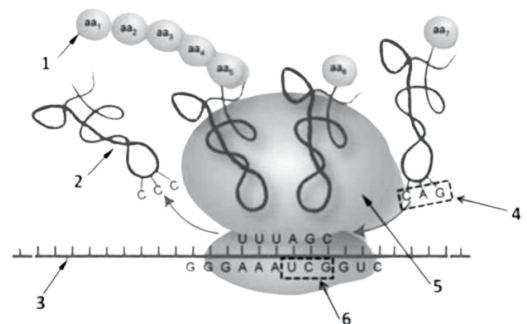
conteste as seguintes preguntas: a) A que molécula pertencerá, ADN ou ARN? Xustifique a resposta. Cal será a secuencia de aminoácidos que se pode obter a partir desta secuencia de nucleótidos? Utilice o código xenético para obter a secuencia de aminoácidos. b) Sinala dúas características do código xenético e explíqueas brevemente.

Xuño 2013 - A seguinte secuencia polinucleotídica corresponde a unha febra de ADN dun xene bacteriano: 5'ATGCGAGGGGAAAATGCGTGTGTG3'. Indique a secuencia das febras complementarias sinalando os extremos 5' e 3'. A partir da secuencia enunciada na pregunta, indique a secuencia de ARN que se xeraría sinalando os seus extremos 5' e 3'. Como se denomina este último proceso resultado do cal se obtén a molécula de ARN? Explíqueo brevemente e indique os seus diferentes compoñentes.

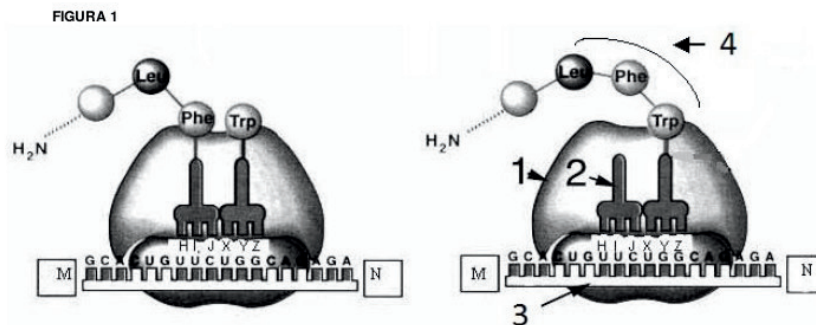
Extraordinaria 2024 - Dada a secuencia de aminoácidos dunha proteína: H₂N-Met-Gly-Ala-Asp-His-Pro-Leu-COOH, e utilizando o código xenético: A) Escriba a secuencia de nucleótidos do ARNm do que se traduciu, indicando os extremos 5' e 3'. B) Indique o fragmento de ADN do que procede este ARNm, sinalando os extremos 5' e 3'.

C) Se se produce unha transición no último nucleótido do último triplete da cadea de ADN da que se obtén o ARNm, que consecuencias poderá ter para a proteína?, e unha delección do último nucleótido do segundo triplete deste ADN? Razoe as respostas.

Ordinaria 2023 - a) Que proceso é o representado na figura 4? En que parte da célula ten lugar? b) Nomee cada un dos elementos marcados con números. c) Que fases ten este proceso? Explíqueas brevemente. d) Indique a función dos elementos sinalados cos números 2 e 3. e) Por que o código xenético é dexenerado?

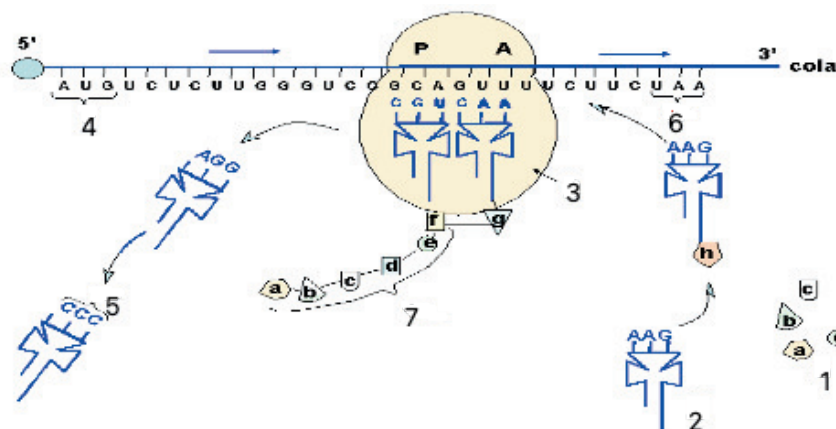


Setembro 2012 - Acerca da Figura 1, indique, de qué proceso se trata e qué etapa do mesmo representa. En que lugar da célula eucariótica se realiza este proceso? Que son e que función desempeñan os elementos sinalados cos números 1 ao 3? Indique o tipo de enlace que caracteriza a molécula 4. Substitúa M e N polo seu correspondente extremo 3' ou 5'. Substitúa as letras H, I, J, X e Z polas letras correctas e indique qué significan.



Ordinaria 2024

- Que proceso está representado na figura?
- Indique a que elementos corresponden os números indicados (1-7).
- Cal é a función dos elementos 2, 3, 5 e 6?
- Utilizando o código xenético, escriba a secuencia do péptido resultante.



Setembro 2009 - a) ¿Como se denomina ao modelo que explica a regulación da transcripción en procariotas? b) ¿Que elementos podemos diferenciar nel? c) Explica como funciona o devandito sistema utilizando un exemplo.

OUTRAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS

Aragón, Xuño de 2023

Responda ás seguintes preguntas relacionadas coa replicación do ADN:

- a) En que fase do ciclo celular se produce? En que orgánulos se produce?
- b) Que significa que é un proceso semiconservativo?
- c) Que son os fragmentos de Okazaki? Que finalidade teñen? Como se xeran?
- d) Que función ten a ADN ligase?

Navarra, Xullo de 2019

- a) Define o concepto de replicación do ADN.
- b) Indica dúas características básicas deste proceso en todos os organismos.

Canarias, Xullo de 2021

A ADN polimerase puido influír na evolución dos xenomas e na diversificación da vida na Terra. O estudo, liderado polo CSIC, foi publicado no último número da revista Molecular Cell (Fonte: SINC). A replicación do ADN é un proceso importante para a perpetuación da vida.

- a) Cal é a finalidade da replicación?
- b) Por que é tan importante que a replicación se produza de forma fiel?
- c) En que fase do ciclo celular se produce a replicación?
- d) Por que se di que a replicación é semiconservativa?

Castela-A Mancha, Xullo de 2020

A bióloga molecular Tsuneko Okazaki describiu xunto co seu marido os chamados "fragmentos de Okazaki", que aparecen durante a replicación do ADN.

- a. Describa que son os "fragmentos de Okazaki". Indique a súa composición.
- b. En cal das dúas febras de ADN aparecen? Xustifique a súa resposta.
- c. Cal é o papel das helicases na replicación?

A Ríoxa, Xullo de 2020

Explique a importancia biolóxica do proceso de replicación do ADN, tanto a nivel celular como a nivel evolutivo. As ADN polimerases sintetizan a febra nova en sentido 5'→3'. Se as dúas febras da molécula de ADN son antiparalelas, como é posible que se replican ao mesmo tempo?

Comunidade Valenciana, Xullo de 2023

Na replicación do ADN:

- a) Explica que significa que a replicación é semiconservativa.
- b) Que significa que a replicación do ADN é bidireccional?
- c) Explica as semellanzas e diferenzas na síntese das dúas febras de ADN nunha forquita de replicación.

Navarra, Xuño de 2024

No proceso de replicación, explica que é a febra condutora e a febra retardada, indicando a razón pola cal o proceso é diferente en cada unha delas.

Aragón, Xuño de 2014

- Hipóteses sobre a duplicación do ADN.
- Duplicación do ADN en células procariotas.
- Finalidade e significado deste proceso.

Aragón, Xuño de 2013

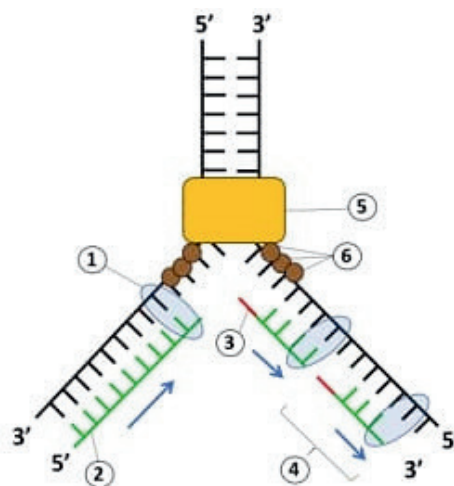
- Definición xeral do proceso e importancia biolóxica.
- Explicar o proceso en procariotas.
- Realizar un esquema, sinalando as estruturas máis importantes.

Castela-A Mancha, Xuño de 2021

Castela e León, Xuño de 2023

Observe o esquema que representa a replicación do ADN. Responda ás seguintes cuestións:

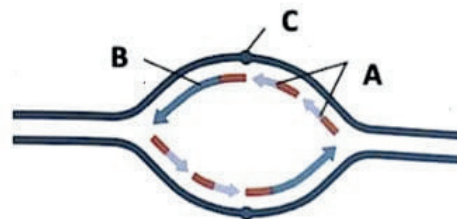
- Identifique todas as moléculas e estruturas sinaladas cos números do 1 ao 6.
- Indique por que este proceso é continuo nunha das cadeas e discontinuo na outra.
- Descríba a función das moléculas sinaladas cos números 1, 5 e 6. Que papel desempeña o fragmento sinalado co número 3?
- Que significa que este proceso é semiconservativo?



Asturias, Xullo de 2022

Margarita Salas descubriu no fago phi29 unha polimerase capaz de amplificar o ADN. Esa polimerase foi patentada e emprégase actualmente en moitos laboratorios de todo o mundo para amplificar ADN de forma rápida e sinxela, sendo a patente máis rendible da historia da ciencia española. A imaxe corresponde a un proceso específico do ADN.

- Indica que representa a imaxe e que sinalan cada unha das letras A, B e C.
- Indica a polaridade da febra molde superior (onde está a letra C) e da febra molde inferior. Xustifica a túa resposta.
- A velocidade de replicación, é a mesma nas dúas febras (superior e inferior) ou é diferente? Xustifica a túa resposta.
- Indica as funcións que teñen cada unha das seguintes encimas no proceso representado: helicase, ARN-primase, ADN-ligase.

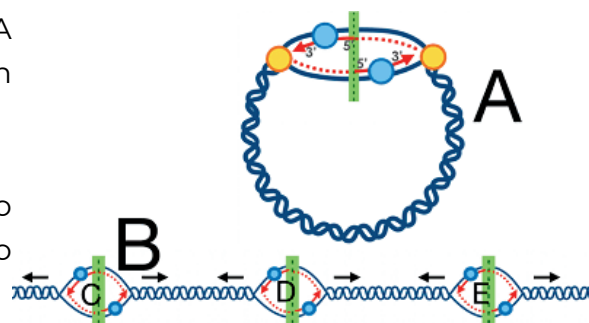


Aragón, Xuño de 2024

b) Indique que representan no debuxo os procesos A e B e razoe a que tipo celular corresponde cada un deles.

c) Que nome reciben as estruturas C-E?

d) Nomee dúas encimas implicadas en levar a cabo este proceso celular e mencione a súa función no mesmo.



A Ríoxa, Xullo de 2024

Existen diferenzas no proceso de replicación do ADN entre células procariotas e eucariotas? De ser así, describa as principais diferenzas en canto a:

a) A maquinaria encimática

b) A organización do ADN

c) A regulación do proceso

Navarra, Xuño de 2022

A ADN polimerase:

a) Que tipo de biomolécula é?

b) Que función ten na célula?

c) Que efecto tería un aumento de temperatura sobre esta biomolécula?

Cantabria, Xullo de 2023

Faga un esquema da replicación do ADN, sinalando as diversas proteínas que interveñen nela e especificando a súa función.

A Ríoxa, Xuño de 2024

Durante a replicación do ADN actúan unha serie de encimas que se encargan de corrixir erros no proceso.

a) Xustifique a importancia destes mecanismos de reparación para a supervivencia das células e o mantemento da información xenética.

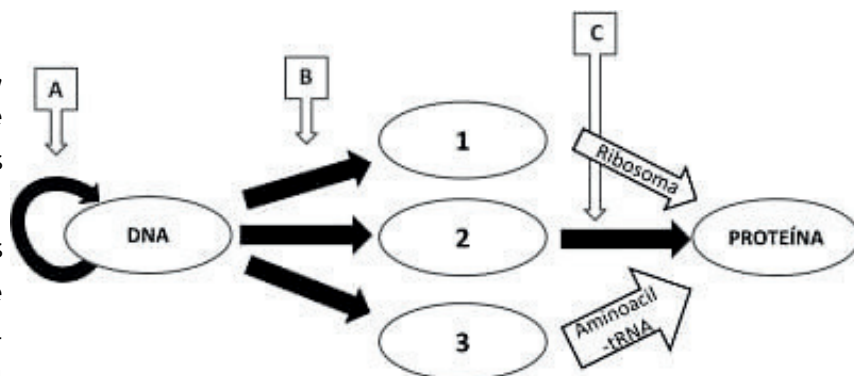
b) En que momentos pode darse esta reparación?

c) Cite polo menos un exemplo de encima encargada de realizar esta corrección.

Castela e León, Xullo 2024

a) Identifica e define os procesos A, B e C da figura e indica a que moléculas corresponden os números 1, 2 e 3.

b) Relaciona os seguintes elementos co proceso que corresponda, A, B ou C: Aminoacil-ARNt sintetasa, ADN ligasa, ADN polimerase, Fragmento de Okazaki, Primase, ARN polimerase.



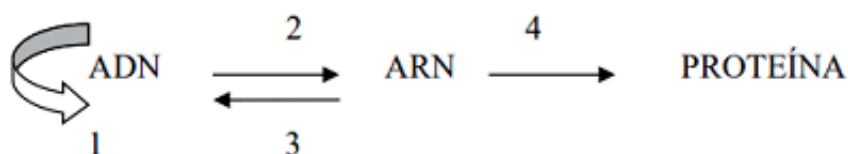
Aragón, Xuño de 2024

- b) Indique que representan no debuxo os procesos A e B e razoe a que tipo celular corresponde cada un deles.
- c) Que nome reciben as estruturas C-E?
- d) Nomee dúas encimas implicadas en levar a cabo este proceso celular e mencione a súa función no mesmo.

Comunidade Valenciana, Xullo 2023

Observa o seguinte esquema:

- a) Como se denomina cada unha das etapas numeradas no mesmo?
- b) Indica dúas diferenzas entre os ARN mensaxeiros de eucariotas e procariotas.
- c) Que é un intrón?
- d) Que é un codón?



Canarias, Xullo de 2021

Grazas a Watson e Crick, que sentaron as bases do coñecemento actual da Bioloxía Molecular. A seguinte secuencia polinucleotídica corresponde a parte dunha das febras de ADN dun xene bacteriano: 5'ATGCGAGATGGT3'

- a) Indica a secuencia da febra complementaria, sinalando os extremos 5' e 3'.
- b) A partir da secuencia enunciada na pregunta, indica a secuencia de ARN que se xeraría, sinalando os seus extremos 5' e 3'.
- c) Cal sería o número máximo de aminoácidos que codificaría a secuencia obtida?
- d) Indica onde pode ocorrer o paso de información de ADN a ARN nunha célula humana.

Asturias, Xuño de 2024

Estáse a investigar tratar o cancro de ovario cun ARNm terapéutico que entra nas células tumorais e induce a síntese dunha proteína que bloquea a ADN polimerase.

- c) Segundo o código xenético, hai 6 codóns que codifican para o aminoácido Leucina: UUA, UUG, CUU, CUC, CUA e CUG. Con estes datos, ¿se pode saber os anticodóns dos ARN de transferencia deste aminoácido? Se se pode saber, escríbeos, e se non, xustifica por que.

Navarra, Xullo de 2024

Un investigador enfróntase ao reto de deseñar unha célula artificial e o primeiro proceso que pretende descifrar in vitro é a transcrición.

- a) Cita tres encimas que necesitaría comprar para o seu ensaio.
- b) Unha casa comercial fáiselle unha oferta que inclúe un lote de nucleótidos ou un de aminoácidos, cal debería elixir? Xustifica a resposta.
- c) Unha vez rematada a reacción con éxito, que biomolécula obtaría?

Comunidade Valenciana, Xullo de 2024

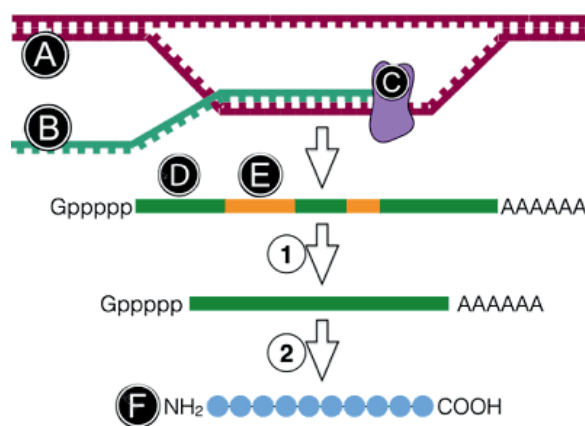
A rifampicina é unha molécula que se utiliza como antibiótico porque é capaz de inhibir a ARN polimerase de procariotas pero non ten ningún efecto sobre a ARN polimerase de eucariotas.

- En que proceso da expresión xenética está implicada a ARN polimerase?
- Cita as etapas deste proceso e explica as características principais de cada unha delas en bacterias.
- Que consecuencias podería ter o utilizar como antibiótico unha molécula que produza a inhibición das ARN polimerasas de forma xeneralizada?

Aragón, Xullo 2024

O esquema adxunto representa varios procesos celulares:

- Cite o nome das estruturas sinaladas con letras.
- Nome o proceso que forma a molécula B, explicando brevemente as etapas principais do mesmo.
- Explique brevemente o papel do componente C.
- Explique brevemente o proceso sinalado polo número 1.
- Como se chama o proceso número 2?



Comunidade Valenciana, Xullo de 2024

5.1. Explica brevemente catro características do código xenético

Madrid, Xullo de 2021

Respecto á síntese e características do ARN mensaxeiro:

- Relacione os conceptos da columna esquerda cos da columna dereita.

- | | |
|---------------------------|-----------------|
| (1) Monocistrónico. | (A) Procariota. |
| (2) Helicasa. | (B) Eucariota. |
| (3) U en lugar de T. | (C) Ambos. |
| (4) Sen caperuza en 5'. | (D) Ningún. |
| (5) Ligasa. | |
| (6) Cola de poliadeninas. | |
| (7) Exóns e intróns. | |
| (8) Policistrónico. | |

- Explique en qué consiste o “corte e empalme” ou splicing do pre-ARN mensaxeiro e en qué proceso ocorre. Indique en qué tipo de organismo sucede e en qué parte da célula ten lugar.

Castela A Mancha, Xullo de 2022

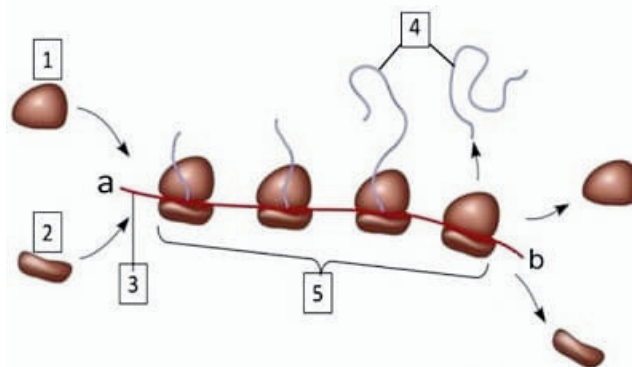
No tratamento contra determinadas enfermidades (virais, oncolóxicas...) é interesante impedir a expresión dun xene inhibindo as enzimas implicadas na transcrición. Algunhas das máis utilizadas son inhibidores competitivos: "falsos nucleótidos", moléculas estruturalmente semellantes aos auténticos, que bloquean a transcrición.

- Que é a transcrición e cal é a principal enzima implicada neste proceso?
- Que diferenza hai entre exóns e intróns

Castela e León, Xullo 2024

Observar o esquema e contestar ás seguintes cuestións:

- ¿Que proceso se representa?
- Identificar que se sinala cos números 1, 2, 3, 4 e 5. Indicar a polaridade (letras a e b do esquema) do compoñente 3.
- Explicar o papel no proceso dos compoñentes sinalados cos números 3 e 5.
- ¿Que tipo de enlace é necesario para dar lugar ás moléculas sinaladas co número 4?



Murcia, setembro de 2018

En relación coa tradución da mensaxe xenética:

- Indique os distintos tipos de ARN que interveñen.
- Describa a función que desempeña en a célula cada tipo de ARN.

Cataluña, Xuño 1998

En 1909, W. Johanssen propuxo o termo xene ("o que dá orixe a") para designar os factores da herdanza descubertos por Mendel. Posteriormente, varias investigacións conduciron á idea de que os xenomas controlan a estrutura das proteínas.

- Na táboa seguinte aparece un fragmento de xene. Complétase, utilizando a táboa do código xenético que tes nas primeiras páxinas.

Cadea de ADN que se transcribe	C _ _	_ _ _	ACT
ARNm	_ C A	_ _ _	U _ _
ARNt	_ _ _	_ _ _	_ _ _
Aminoácido incorporado	_	Trp	_

Aragón, Setembro de 2019

A continuación, móstrase unha cadea polipeptídica cuxa secuencia é:

NH₂ - Met - Cys - Glu - Trp - His - Phe - COOH

Usando o código xenético, responde.

- a) Indique unha posible secuencia de ARNm que se traduza neste polipéptido, así como a súa polaridade.
- b) Indique a secuencia de bases de ADN que codificaría o ARNm do apartado anterior.
- c) Sinale unha posible mutación da secuencia de ADN que cambiaría o aminoácido His por Pro. ¿Que tipo de mutación sería?
- d) ¿Dita mutación se transmitirá á descendencia? Xustifique a resposta.
- e) Explique dúas características do código xenético.

Andalucía, Setembro de 2018

- a) Explique que se entende por código xenético.
- b) Defina os termos codón e anticodón.
- c) Que son os codóns sen sentido ou de terminación?
- d) Describa dúas características do código xenético.

Aragón, Setembro de 2008

Justifique o feito de que xenes con secuencias non idénticas de ADN poidan codificar a mesma proteína.

País Vasco, Xuño de 2017

- a) Explica en que consiste a transcrición do ADN. Acompáñate de algúns esquemas para iso
- b) Explica brevemente que é o código xenético; ¿a que se refire cando se di que o código xenético é universal? ¿e cando se di que está degenerado?

Canarias, Xullo de 2020

A técnica Edición Principal (creada na Univ. Harvard, EE. UU.), permite editar o código xenético dos seres humanos con maior precisión que ningunha outra ata agora.

- a.- Que é un codón?
- b.- Que é un anticodón?
- c.- En que macromolécula podemos atopar os codóns?
- d.- En que macromolécula podemos atopar os anticodóns?

País Vasco, Xuño de 2023

En 2018 tivo lugar un atraco nunha sucursal dunha coñecida entidade bancaria da comunidade autónoma, no que os atracadores se levaron un botín de dous millóns. A Ertzaintza solicitou aos usuarios que estaban presentes no momento do roubo que, de maneira voluntaria, entregaran unha mostra de ADN para tratar de resolver a autoría do roubo. Un ano despois, cando se resolveu o caso, un coñecido xornal publicou a nova dicindo que “[...] mediante esta recollida de mostras se pretendía comprobar se o código xenético de algúns dos clientes do banco presentes no momento do atraco coincidía co do culpable”.

- Que é o código xenético?
- Explique dúas características do código xenético
- A frase entrecomillada do enunciado é incorrecta. Cal é o erro? Que debería ter escrito o xornalista? Explíqueo brevemente.

Extremadura, Xullo 2021

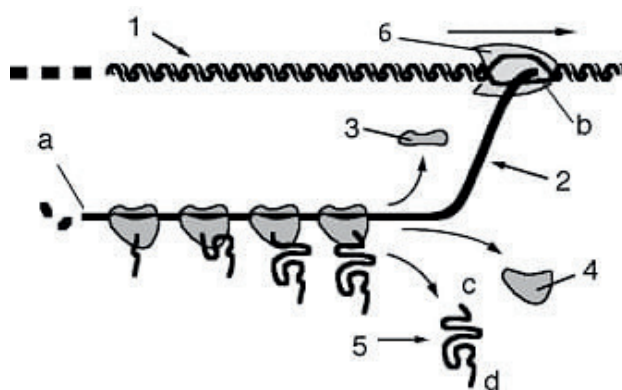
Os seguintes enzimas participan nos procesos de transcrición e tradución. Asócie cada un deles ao proceso que lle corresponda, indicando a súa función no mesmo:

- Peptidil transferasa
- ARN polimerasa II
- Poli A polimerasa
- Aminoacil-ARNt sintetasa

Castela e León, xullo de 2022

O esquema representa dous procesos biolóxicos:

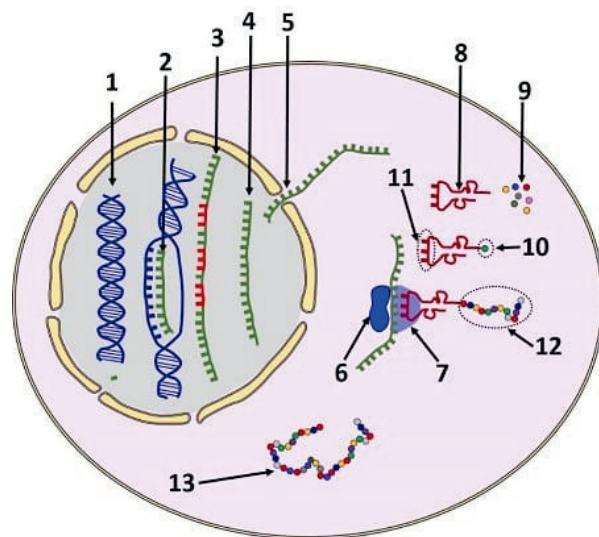
- Cales son estes procesos? Identifique os distintos elementos da figura representados polos números.
- Identifique os extremos do elemento 2 (a, b) e os extremos do elemento 5 (c, d).
- A partir dos datos do esquema, ¿en que tipo de célula están a ocorrer estes procesos? Razoe a resposta.



Asturias, Xullo 2023

O proteoma é o conxunto total de proteínas presentes nunha célula. A diferenza do xenoma, que é estable e común a todas as células dun organismo, o proteoma varía de unhas células a outras do organismo e tamén na mesma célula. A síntese de proteínas supón unha transferencia de información xenética desde o ADN. Na seguinte figura:

- Indica que sinalan os números do 1 ao 5.
- Nomea os procesos sinalados cos números do 2 ao 4 e as principais enzimas implicadas neles.
- Nomea o proceso que ten lugar nos números sinalados do 6 ao 13 e indica que sinala cada número.
- Como se chaman os enzimas que catalizan o proceso sinalado polos números 8-9-10? Cantos enzimas deste tipo diferentes hai nunha célula?





MUTACIONES, EVOLUCIÓN E BIODIVERSIDADE

1. Concepto de mutación
 2. Mutaciones xénicas
 3. Mutaciones cromosómicas
 4. Mutaciones xenómicas
 5. Causas das mutacións
 - 5.1. Mutáxenos físicos
 - 5.2. Mutáxenos químicos
 - 5.3. Mutáxenos biolóxicos
 6. Mutacións e cancro
 7. Mutacións e evolución
 - 7.1. Darwinismo: evolución por selección natural
 - 7.2. Neodarwinismo
 - 7.3. Teorías evolutivas actuais
 8. Mutacións e biodiversidade
- Cuestionario de repaso

1. CONCEPTO DE MUTACIÓN

As mutacións son cambios que se producen no xenoma dos organismos (no ADN das células; no ADN ou ARN dos virus) afectando á secuencia e/ou ó número de nucleótidos.

As mutacións poden clasificarse atendendo a diferentes criterios:

- Segundo o grao de afectación, poden ser prexudiciais, beneficiosas ou neutras.
- Segundo as células afectadas, poden ser somáticas (non son herdables), ou xerminais (afectan ós gametos e poden transmitirse á descendencia).
- Segundo a extensión do material xenético afectado, poden ser mutacións xénicas, cromosómicas ou xenómicas.
- Segundo a súa orixe, poden ser espontáneas (producidas por causas naturais) ou inducibles (orixinadas por factores externos de orixe física, química ou biolóxica).

2. MUTACIÓNS XÉNICAS

Producen alteracións na secuencia de nucleótidos dun só xene; son mutacións puntuais porque afectan a un único par de bases dun xene, dando lugar a alelos diferentes dese xene.

Pódense distinguir dous tipos principais de mutacións xénicas:

- Substitucións de nucleótidos: consisten no cambio dun nucleótido por outro. Denomínanse transicións se se substitúen bases da mesma natureza química (base púrica por base púrica, ou base pirimidínica por base pirimidínica) e transversións se se cambia unha base púrica por outra pirimidínica ou viceversa. Calquera destas mutacións afecta a un único triplete de bases; como o código xenético é dexenerado, pode ocorrer que a modificación non afecte ó aminoácido especificado por ese triplete. Neste caso, a mutación non tería ningún efecto fisiolóxico e sería unha mutación silenciosa. Cando o novo triplete codifica un codón diferente ó orixinal a mutación pode ter consecuencias máis graves se afectan ós aminoácidos que conforman o centro activo das encimas, ou se afectan a codóns de terminación, por exemplo.
- Mutacións por deleción ou inserción de nucleótidos: consisten na perda ou adición de nucleótidos, respectivamente, nun lugar determinado do xene. Provocan alteracións na pauta de lectura dos tripletes a partires do lugar da perda ou inserción o que dá lugar a proteínas completamente diferentes das orixinais.

Tipos de mutacións xénicas		Exemplos								
Sen mutación		ADN	3'...	TAC	GGA	GAT	TCA	AGA	GAG	... 5'
		ARNm	5'...	AUG	CCU	CUA	AGU	UCU	CUC	... 3'
		Proteína	H ₂ N-	Met	Pro	Leu	Ser	Ser	Leu	-COOH
Por substitución de bases	Transición. Substitución dunha base púrica por outra, ou dunha pirimidínica por outra.	ADN	3'...	TAC	GGA	GAC	TCA	AGA	GAG	... 5'
		ARNm	5'...	AUG	CCU	CUG	AGU	UCU	CUC	... 3'
		Proteína	H ₂ N-	Met	Pro	Leu	Ser	Ser	Leu	-COOH
	Transversión. Substitución dunha base púrica por unha pirimidínica, ou á inversa.	ADN	3'...	TAC	GGA	GTT	TCA	AGA	GAG	... 5'
		ARNm	5'...	AUG	CCU	CAA	AGU	UCU	CUC	... 3'
		Proteína	H ₂ N-	Met	Pro	Gln	Ser	Ser	Leu	-COOH
Por perda ou inserción	Deleción. Pérdese un nucleótido.	ADN	3'...	TAC	GGG	ATT	CAA	GAG	AG	... 5'
		ARNm	5'...	AUG	CCC	UAA	GUU	CUC	UC	... 3'
		Proteína	H ₂ N-	Met	Pro	STOP				
	Inserción. Engádese un novo nucleótido.	ADN	3'...	TAC	GGA	GGA	TTC	AAG	AGA	G ... 5'
		ARNm	5'...	AUG	CCU	CCU	AAG	UUC	UCU	C ... 3'
		Proteína	H ₂ N-	Met	Pro	Pro	Lys	Phe	Ser	-COOH

3. MUTACIÓNS CROMOSÓMICAS

Provocan cambios na estrutura dos cromosomas, sen alterar do seu número.

Poden ser de varios tipos:

- **Deleción:** consiste na perda dun segmento cromosómico.
- **Duplicación:** un fragmento do cromosoma atópase repetido no mesmo cromosoma ou noutro.
- **Translocación:** é o cambio de localización dun segmento cromosómico. Unha translocación recíproca implica o intercambio de segmentos entre dous cromosomas non homólogos. Cando só hai translación dun segmento a outro lugar do mesmo cromosoma, sen reciprocidade, denomínase transposición.
- **Inversión:** un segmento cromosómico invírtese 180° dentro do propio cromosoma. Se o centrómero está incluído no segmento invertido, chámase inversión pericéntrica; en caso contrario, trátase dunha inversión paracéntrica.
- **Fusión ou translocación robertsoniana:** un cromosoma completo adhírese a outro; ocorre normalmente entre cromosomas telocéntricos ou acrocéntricos e, polo xeral, implica a perda dalgún fragmento cromosómico.

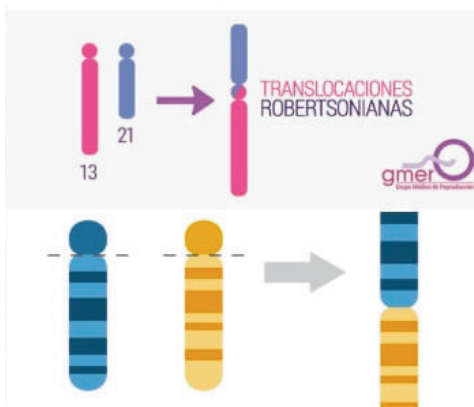
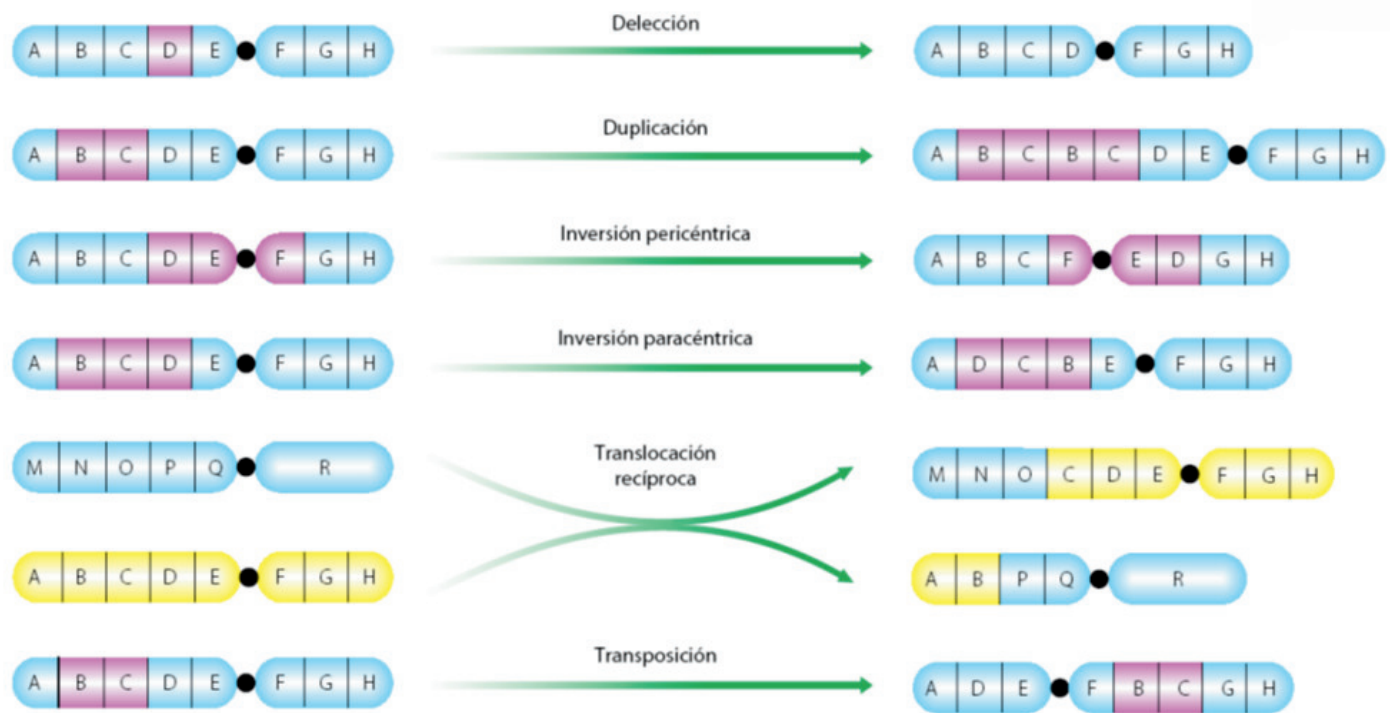


Figura 1. Tipos de mutacións cromosómicas. Arredor do 15% dos casos de Síndrome de Down é causada por unha translocación robertsoniana na que os cromosomas acrocéntricos 14 e 21 se fusionan (dereita). A síndrome de Cri du Chat débese a unha delección dun fragmento terminal do brazo curto do cromosoma 5.

4. MUTACIÓNS XENÓMICAS

Son variacións no número normal de cromosomas dunha especie. Xeralmente prodúcese por unha segregación anómala dos cromosomas durante a meiose.

Estas mutacións poden ser de varios tipos:

- **Euploidía:** é a alteración no número normal de dotacións cromosómicas completas. Nas especies diploides existen dous tipos de euploidías:
 - **Monoploidía:** é a existencia dunha única dotación cromosómica (n). É pouco frecuente na natureza, unicamente se constatou nalgúns especies vexetais.
 - **Poliploidía:** é a existencia de máis de dous xogos completos de cromosomas, podendo dar lugar a organismos triploides ($3n$), tetraploides ($4n$) e, en xeral, poliploides. Pódense distinguir as **autopoliploidías**, cando todos os xogos cromosómicos proceden da mesma especie, e as **alopoliploidías**, se proceden da hibridación de dúas especies diferentes. A poliploidía é rara en animais pero frecuente en plantas.

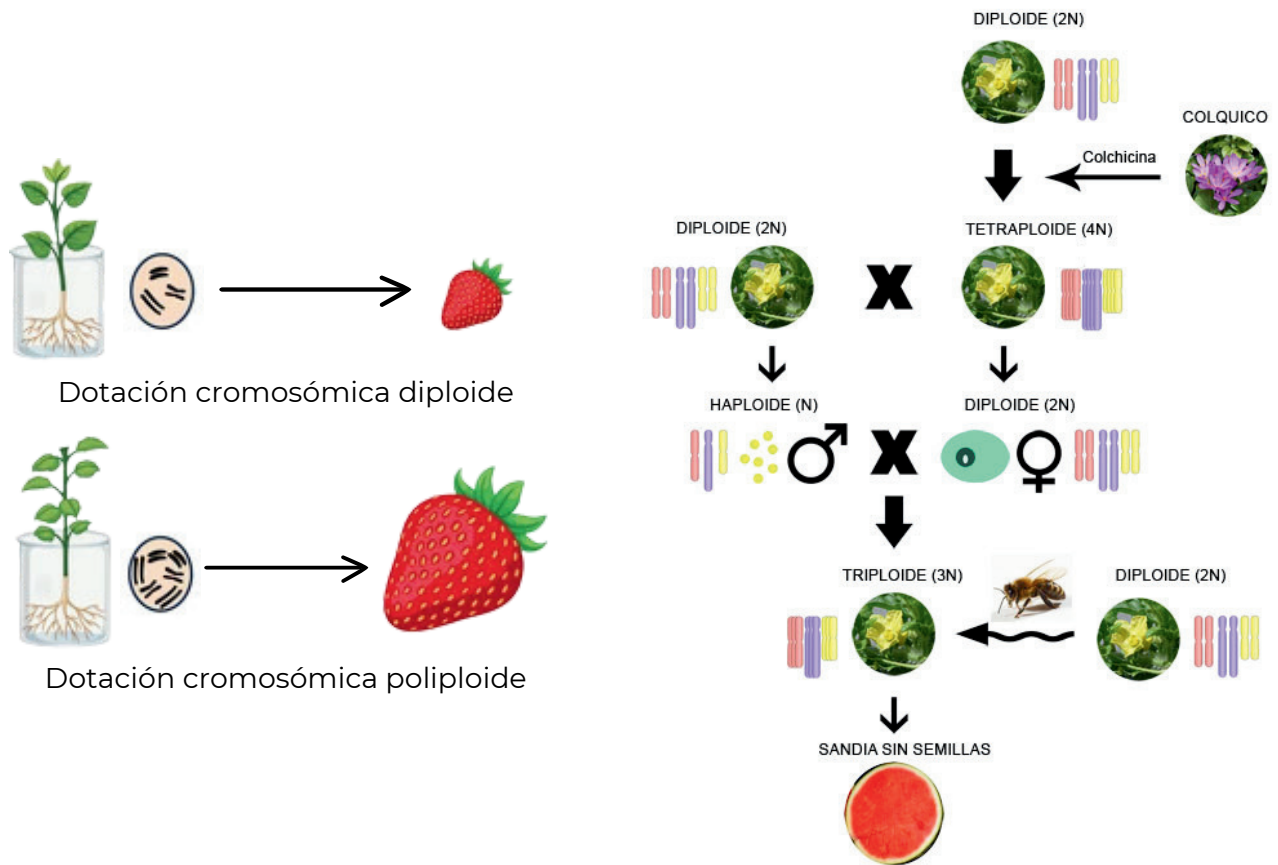


Figura 2. Poliploidía inducida. Nalgunhas especies vexetais indúcese a poliploidía para obter plantas máis grandes ou máis produtivas. Para facelo emprégase a colchicina, unha droga que desorganiza os microtúbulos do fuso acromático e impide a migración dos cromosomas durantane a meiose I. Obtéñense así gametos con dotacións diploides de cromosomas que se fecundan entre eles para dar lugar a individuos tetraploides. A poliploidía inducida tamén se emprega para obter algúns froitos sen sementes, como a sandía. Neste caso, obtéñense organismos tetraploides mediante o mecanismo descrito anteriormente, e estes empréganse despois nos cruzamentos con organismos diploides; o resultado destes cruzamentos son organismos triploides con sementes non viables e que non chegan a madurar.

- **Aneuploidía:** consiste na ganancia ou perda de un ou varios cromosomas debido a unha segregación errónea durante a meiose ou a fusións (unión de dous cromosomas non homólogos) ou fisións (escisión dun cromosoma en dous). Existen varios tipos:
 - **Nulisomía** ($2n-2$): falta un par de cromosomas homólogos. En organismos diploides é mortal.
 - **Monosomía** ($2n-1$): falta un cromosoma nun par de homólogos. Exemplo: *Síndrome de Turner* ($44+XO$); *monosomía do cromosoma X*. Trátase de mulleres con escaso desenvolvemento dos órganos sexuais, atraso no crecemento e esterilidade.
 - **Trisomía** ($2n+1$): existe un cromosoma de máis. Existen múltiples exemplos deste tipo de mutacións nos seres humanos, que poden afectar tanto ós cromosomas autosómicos como ós cromosomas sexuais.

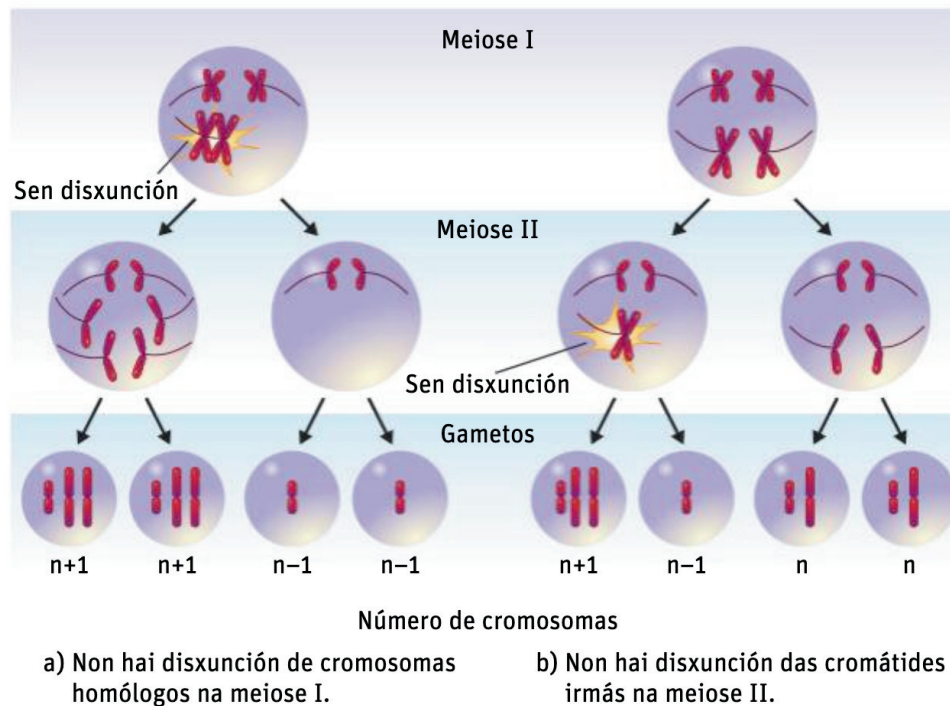


Figura 3. Orixe de aneuploidías por segregación anómala dos cromosomas durante a meiose

5. CAUSAS DAS MUTACIÓNS

En función das causas que as orixinan, as mutacións clasifícanse en espontáneas e inducidas.

As mutacións espontáneas orixínanse de forma natural en todas as células e son debidas a diversos motivos:

- aos erros de replicación da ADN-polimerase
- a certos residuos metabólicos, como os radicais libres ou axentes oxidantes que se producen durante o catabolismo aeróbico da glicosa.
- ao efecto da propia temperatura corporal, que causa despurinacións e desaminacións das bases;
- á mobilización no xenoma de elementos xenéticos transpoñibles ou transposóns (segmentos móbiles de ADN).

As mutacións inducidas prodúcense cando un organismo é exposto a un axente mutaxénico ou mutáxeno, que pode ser de natureza física, química ou biolóxica.

5.1. MUTÁXENOS FÍSICOS

Os principais mutáxenos físicos son as radiacións:

- Radiacións non ionizantes: destacan como importantes mutáxenos os raios ultravioleta (UV), que provocan a formación dun enlace covalente entre dúas bases pirimidínicas contiguas, dando orixe a dímeros de citosina ou de timina. Tamén provocan a aparición de formas tautoméricas que darán lugar a mutacións xénicas do tipo das transicións. A súa capacidade de penetración é baixa, duns poucos mm, e afectan especialmente ao tecido epidérmico.
- Radiacións ionizantes: son radiacións electromagnéticas de lonxitude de onda moi curta, e por iso altamente enerxéticas. Entre elas atópanse os raios X, os raios gamma (γ) e as emisións de partículas α e β liberadas nas explosións nucleares. Poden causar a rotura dos cromosomas, promovendo así mutacións cromosómicas, e tamén provocan tautomería, orixinando mutacións puntuais. Afectan a todo tipo de tecidos.

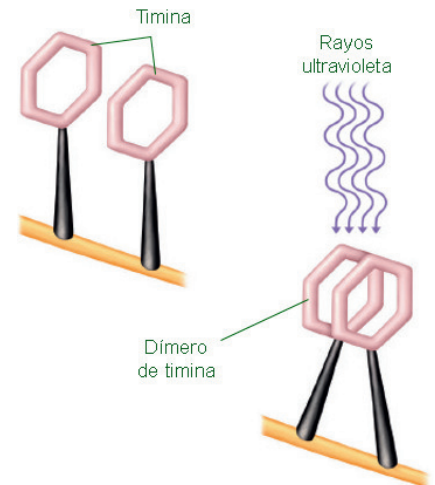


Figura 4. Formación de dímeros de timina por acción da radiación ultravioleta

5.2. MUTÁXENOS QUÍMICOS

Son substancias químicas que reaccionan co ADN e provocan, basicamente, tres tipos de alteracións, segundo o cal se clasifican en varios grupos:

- Substancias modificadoras das bases nitroxenadas: o ácido nitroso (procedente dos nitritos presentes na carne e nos conservantes que engaden nos embutidos) ou os sulfitos (engádense aos viños para conservalos) producen a desaminación das bases nitroxenadas e transforma a C en U; o gas mostaza é un axente alquilante, xa que engade grupos etilo ou metilo ás bases nitroxenadas.
- Substancias análogas de bases: poden substituír ás bases nitroxenadas do ADN e provocar transicións; exemplos deste tipo de substancias son o 5-bromouracilo ou a cafeína, que pode incorporarse en lugar da timina, ou a 2-aminopurina, que se coloca en lugar dunha adenina.
- Substancias intercalantes: algunhas moléculas, como os colorantes laranxa de acridina e proflavina poden intercalarse entre os pares de bases do ADN. Outra substancia, o benzopireno, que se atopa no tabaco, na carne á brasa ou no café torrefacto, provoca mutacións ao intercalarse entre as dúas cadeas de ADN e unilas covalentemente.

5.3. MUTÁXENOS BIOLÓXICOS

Poden ser de dous tipos:

- Transposóns: son segmentos móbiles de ADN que poden cambiar de posición, trasladándose a outro lugar dentro do mesmo cromosoma ou noutro diferente. Poden orixinar mutacións cando causan unha activación ou inactivación xénica non deseada ó insertarse nos xenes estruturais ou nos reguladores.
- Virus: poden incrementar a frecuencia de mutación e multiplicar a aparición dun cancro. Así, por exemplo, os virus da hepatite B e C incrementan o risco de contraer cancro de fígado; algunhas cepas do virus do papiloma humano e do virus do herpes xenital están implicados na aparición de cancro de colo uterino nas mulleres; etc.
- Bacterias: igual que no caso dos virus, poden aumentar a frecuencia de mutación; é o caso da bacteria *Helicobacter pylori*, causante de úlceras gástricas, que pode estar implicada na aparición do cancro de estómago.

6. MUTACIÓNS E CANCRO

Un tumor é unha masa anormal de células, que pode ser benigna ou maligna (cancerosa).

Un tumor maligno ou cancro caracterízase porque as súas células:

- Crecen moi rapidamente e sen control.
- Teñen capacidade de migrar polo sangue ou polos vasos linfáticos a partes afastadas do lugar no que se orixinaron e desenvolver un tumor nesta nova localización; isto coñécese co nome de metástase.
- Cando unha célula se transformou en cancerosa, todas as células que derivan dela tamén o son.
- Outras características das células cancerosas:
 - Evitan a morte celular programada (apoptosis).
 - Presentan ausencia de diferenciación, o que conleva unha falta de especialización ou de función celular (anaplasia).
 - Ignoran os sinais moleculares inhibidores do crecemento.
 - Non dependen de sinais externos para crecer.
 - Secretan substancias responsables da formación dunha densa rede de vasos sanguíneos (anxioxénese) para nutrirse, o que favorece o seu crecemento e proliferación.

No cancro prodúcense alteracións xenéticas e epixenéticas en xenes implicados no control da división celular, na reparación de erros no ADN ou na regulación da morte celular programadas. Estes xenes clasifícanse en varios grupos:

- Protooncoxenes. Son xenes normais presentes en todas as células e implicados no control do crecemento e do desenvolvemento. As mutacións poden convertelos en oncoxenes, os cales provocan a multiplicación descontrolada das células; é dicir, son capaces de transformar as células normais en cancerosas.
- Xenes supresores de tumores ou antioncoxenes. Son xenes que codifican proteínas que inhiben o crecemento celular. As mutacións poden desactivalos; é dicir, fan que perdan a capacidade de bloquear a división celular, o que resulta un crecemento incontrolado.

- Xenes reparadores do ADN. Impiden a acumulación de mutacións no ADN.
- Xenes que regulan a apoptose, coma o xene p53. Este xene actívase en situacións de estrés, cando hai dano celular; nesta situación induce a morte celular programada da célula danada, impedindo que acumule mutacións e desenvolva un cancro. Este xene, de feito, aparece mutado nunha gran cantidade de cancros diferentes.

7. MUTACIÓNS E EVOLUCIÓN

7.1. DARWINISMO: EVOLUCIÓN POR SELECCIÓN NATURAL

En 1859 publicouse 'A orixe das especies por medio da selección natural', no que Darwin propón un mecanismo de evolución mediante a selección natural, que se pode resumir nos seguintes puntos:

- Capacidade reprodutiva elevada: a maioría das especies teñen unha gran capacidade reprodutiva, polo que son capaces de producir un elevado número de descendentes, dos cales a meirande parte non chegará á idade adulta e non se reproducirá.
- Loita pola supervivencia: o crecemento dunha poboación vese restrinxido polos recursos disponibles, de tal forma que, cando existe un maior número de individuos dos que poden vivir con eses limitados recursos, se establece entre eles unha loita pola existencia. Isto impide que todos sobrevivan para reproducirse e deixar descendentes.
- Variable individual: dentro dunha especie existe unha gran variabilidade individual e algúns individuos presentan características que os diferencian dos demais. Estas variacións non só son morfolóxicas, senón que tamén as hai fisiolóxicas e de comportamento. As mutacións son a principal causa de variabilidade individual nunha poboación de seres vivos.
- Supervivencia do máis apto: algunhas das peculiaridades individuais lle confiren ó seu posuidor unha maior capacidade para sobrevivir ata a madurez e reproducirse. Así, transmítenlles ós seus descendentes estas particularidades características.

De xeración en xeración vanse acentuando as características favorables para un determinado ambiente. Tras numerosos anos de selección natural, os individuos dunha poboación poden diferir dos seus antecesores. Se estas diverxencias son moi importantes, poden chegar a formar unha nova especie.

7.2. NEODARWINISMO

O redescubrimento das leis de Mendel en 1900 e a constatación de que as mutacións son unha das causas da variabilidade xenética, levou á elaboración da teoría do neodarwinismo ou teoría sintética, na que se integran as achegas de tres disciplinas: xenética, paleontoloxía e sistemática. Os seus aspectos fundamentais débense a tres científicos eminentes: Theodosius Dobzhansky, George G. Simpson e Ernst Mayr.

O neodarwinismo está dacordo cos principios básicos que sustentan a teoría de Darwin: variabilidade da descendencia e selección natural, pero achega varios aspectos novos:

- A poboación como unidade evolutiva, en lugar do individuo: defínese a poboación como unha comunidade de individuos da mesma especie que están unidos mediante lazos de

apareamento e de parentesco. O individuo non é a unidade evolutiva debido a que o seu xenotipo non cambia ó longo da súa vida; mentres que a poboación ten unha continuidade de xeración en xeración e a súa consitución xenética pode variar a través delas. Introdúcese daquela o concepto de acervo xenético como o conxunto dos xenotipos de todos os individuos que compoñen unha poboación.

- A variabilidade da descendencia débese ás mutacións, que son a fonte primaria da variabilidade xenética en todos os organismos. No caso dos que teñen unha reprodución sexual, existe unha segunda fonte de variabilidade na recombinación xenética que se produce durante a meiose. As mutacións son as que achegan 'novos xenes', mentres que a recombinación xenética é un mecanismo que reorganiza os xenes nos cromosomas, pero que non provoca a aparición de novos xenes. Algunhas destas mutacións producen variacións individuais que lle permiten ó seu posuidor adaptarse ás condicións medioambientais e, polo tanto, ter unha maior probabilidade de supervivencia, para así transmitirllas ós seus descendentes as súas características xenéticas. Outras mutacións, pola contra, implican unha peor adaptación ó medio por parte dos seus portadores, razón pola cal estes individuos irán desaparecendo da poboación.
- A evolución é un proceso gradual, consecuencia dos cambios que van xurdindo nas frecuencias xénicas dunha poboación e que se deben á selección natural, ás mutacións, ás migracións e á deriva xenética. Estes cambios, que se van acumulando no tempo, poden dar lugar á aparición de novas especies.

7.3. TEORÍAS EVOLUTIVAS ACTUAIS

Os novos descubrimentos en bioloxía molecular e paleontoloxía conducen a novos enfoques da evolución, algúns dos cales apoian e matizan o neodarwinismo, mentres que outros o contradín.

TEORÍA DO EQUILIBRIO INTERMITENTE OU PUNTUALISMO

No rexistro fósil atópanse os puntos de partida e de final, pero faltan moitas das formas intermedias. Para explicar este feito Eldredge e Gould propoñen a teoría do puntualismo, segundo a cal unha especie pasa por longos períodos de estase (millóns de anos nos que non ten cambios), seguidos por períodos curtos nos que sofre unha rápida especiación.

GRADUALISMO

Apoia o punto de vista darwiniano, que postula un modelo evolutivo gradual máis ou menos constante, e defende que se o rexistro fósil é incompleto é porque moitos organismos se descompoñen ó morrer e non deixan evidencia fósil da súa existencia. O feito de que nalgúns ocasións sí exista un rexistro fósil completo (con todas as súas formas intermedias) avala esta teoría.

TEORÍA DO XENE EGOÍSTA

Richard Dawkins e Edward Wilson defenderon que a unidade básica da evolución son os xenes e a competencia estableceríase entre eles, coa finalidade de incrementar o seu

número no acervo xenético dunha poboación a custa doutros alelos. Para conseguir este obxectivo, os xenes 'utilizarían' ós organismos como receptáculos temporais para a súa supervivencia. Os defensores desta hipótese consideran que os comportamentos sociais de moitos seres vivos, como o altruísmo, o instinto maternal, os hábitos sexuais, etc. non son máis ca un sistema para conseguir a transmisión e a perpetuación dos xenes ó longo das xeracións.

TEORÍA NEUTRAL

Motoo Kimura postula que a maioría das mutacións que ocorren no ADN son adaptativamente neutras, é dicir, nin favorecen nin prexudican os organismos e a súa permanencia ou a súa eliminación do acervo xenético da poboación é unha cuestión de azar. Se os xenes se manteñen e son herdados, pode que produzan variacións fenotípicas, que, baixo unhas condicións de illamento adecuadas, posibiliten a formación de novas especies.

8. MUTACIÓNS E BIODIVERSIDADE

O proceso de formación de novas especies coñécese como ESPECIACIÓN. A condición principal para a formación de novas especies é o illamento reprodutivo, que impide o fluxo de xenes entre poboacións dunha mesma especie. Cada unha das poboacións illadas reprodutivamente, acumula variacións (por mutación e recombinación) sobre as que actúa a selección natural, de modo que ámbalas dúas poboacións diverxen como consecuencia da súa adaptación ás condicións ambientais locais. Co paso do tempo, as diferenzas acumuladas darán lugar á aparición de dúas especies diferentes, que aínda que convivan no mesmo ambiente serán incapaces de reproducírense entre sí (de intercambiar xenes) e evolucionarán de forma distinta.

A especiación pode producirse principalmente de dúas formas:

- Especiación alopátrida: ten lugar ó quedar interrompido o fluxo xénico entre dúas subpoboacións procedentes dunha poboación inicial, cando estas quedan xeograficamente illadas. Esta é a forma máis común de especiación e a responsable de practicamente a totalidade da evolución das novas especies animais.
- Especiación simpátrida: a nova especie evoluciona dentro da mesma rexión xeográfica que a especie proxenitora. O mecanismo máis estudado de especiación simpátrida é o da poliploidía, frecuente nos vexetais. Entre estes organismos é frecuente a aloploidía, caracterizada pola presenza de múltiples conxuntos de cromosomas de dúas ou máis especies. A especiación por aloploidía desenvólvese en dúas fases: a primeira distínguese pola aparición dun organismo híbrido por cruzamento interespecífico, e a segunda, pola superación da esterilidade deste híbrido mediante un proceso de duplicación cromosómica.

REPASO PAU

MUTACIÓN, BIODIVERSIDADE E EVOLUCIÓN

GALICIA

Setembro 2008 - a) Di que é unha mutación. b) Por que nalgúns casos a aparición dunha mutación puntual pode ser causa dunha enfermidade grave e outras veces non se expresa? c) Que diferenza hai entre mutación a nivel molecular e a nivel cromosómico?

Setembro 2015 e Modelo 2017 - Indique que é unha mutación. Por que nalgúns casos a aparición dunha mutación puntual pode ser causa dunha enfermidade grave e outras veces non se expresa? Que diferenza hai entre mutación a nivel molecular e a nivel cromosómico? Que papel ten a mutación no proceso da evolución das especies? Razoe a resposta.

Xuño 2002 - Cal é a importancia da mutación e a recombinación nos seres vivos?. Por que unha mutación puntual pode causar unha enfermidade?. Razo a brevemente a túa resposta.

Setembro 2006 - Explica as diferentes consecuencias que pode ter para un organismo pluricelular o feito de que unha mutación teña lugar nun gameto ou nunha célula somática.

OUTRAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS

Aragón. Xuño 2013

Responda razoadamente ás seguintes cuestións:

- a) Tras un hipotético accidente nuclear, examinouse aos habitantes dunha poboación próxima. Observouse que o seu xenotipo sufrira algunhas alteracións. Herdarán os seus descendentes ditas alteracións? Razoar a resposta.
- b) Neste segundo caso hipotético, nunha industria química produciuse un espectacular incendio que afectou a miles de persoas producíndolles graves queimaduras na pel. Porén, os descendentes destas persoas afectadas naceron sen ningún trastorno. Razoar o motivo.

Aragón. Xuño 2012

- a) ¿Podería evolucionar unha poboación de organismos xenotipicamente idénticos que se reproducen asexualmente se non se produciran mutacións? Razoar a resposta.
 - b) Un incendio produciu grandes cambios no fenotipo, aínda que non no xenotipo, dos individuos dunha poboación de ratos. Serán eses cambios herdados polos descendentes?
 - c) Un axente químico produciu cambios no xenotipo, aínda que non no fenotipo, dos individuos dunha poboación. Serán eses cambios herdados polos descendentes?
- Razoar as respostas.

Aragón. Xuño 2009 e Xuño 2005

- a) Que son as mutacións?
- b) Exemplo de cada un dos tipos que coñezas.
- c) Que significado biolóxico teñen?
- d) É posible que un cambio dunha soa base dun xene dea lugar á mesma proteína?
- e) É posible que o cambio dunha soa base orixine unha proteína idéntica, pero moito máis curta?
- f) Un cambio dunha base pode dar lugar a unha proteína totalmente distinta?

Madrid, Xullo 2024

Indique que tipo de mutación é cada unha das que se mencionan a continuación:

Poliploidía - Translocación - Monosomía - Inserción - Duplicación - Transversión

Aragón. Setembro 2005

Responda de forma precisa e breve ás seguintes cuestións:

- a) Defina que é unha mutación.
- b) Sería mellor que o ADN fose totalmente inmutable? Razoar a resposta.
- c) Que tipos de mutacións coñece?
- d) Se se insire unha base na secuencia dun xene, que repercusións pode ter?

Madrid, xullo 2019

- a) Describe os conceptos de mutación xénica, cromosómica e xenómica.
- b) Explica que aspectos negativos e positivos poden ter as mutacións para unha especie.

Canarias, xullo 2022

O Premio Nobel de Química 2020 foi concedido a Emmanuelle Charpentier e Jennifer A. Doudna "polo desenvolvemento dun método para a edición do xenoma". Descubriron unha das ferramentas máis afiadas da tecnoloxía xenética: as tesoiras xenéticas CRISPR/Cas9. Usando isto, os investigadores poden cambiar o ADN de animais, plantas e microorganismos cunha precisión extremadamente alta. (Fonte: nobelprize.org).

- a. Que entendes por xenoma?
- b. Diferenzas entre mutación xénica e xenómica.
- c. Que consecuencias tería unha mutación que se produce nas células somáticas dun individuo?

Canarias, xuño 2021

Unha persoa é un conxunto de aproximadamente 30 billóns de células. Cada vez que unha delas se divide para xerar unha filla, debe copiarse o xenoma completo; nese proceso, poden cometerse erros de copia totalmente casuais chamados mutacións.

- a. Diferenza entre mutación xénica e xenómica.
- b. Diferenza entre unha trisomía e unha triploidía.
- c. Definición de mutación por translocación.

Aragón, Xullo 2021

Durante o último ano, oímos repetidamente en diferentes medios de comunicación que poden aparecer diferentes variantes dun virus debido a que este muta. Sabemos que isto non é exclusivo dos virus e que unha célula eucariota tamén pode sufrir mutacións. Responda ás seguintes preguntas:

- a) Que é unha mutación xénica ou puntual? Explique brevemente os tipos de mutación xénica e as posibles repercusións destas.
- b) Que é unha mutación xenómica?
- c) É unha mutación cromosómica?
- d) Que é un axente mutaxénico e que tipos hai?
- e) Un grupo de individuos estivo exposto a un potente axente mutaxénico, sufrindo mutacións xénicas. Herdarán os seus descendentes ditas alteracións? Razoar a resposta.

Asturias, Xullo 2024

Un problema nas viaxes espaciais é a exposición ás radiacións fóra da protección da atmosfera. A nave Orión da misión Artemis leva acoplado un satélite chamado BioSentinel con células en cultivo para estudar o impacto da radiación do espazo profundo no seu material xenético.

- a. Como se chaman as variacións do material xenético ás que fai referencia o texto? Defíneas e sinala outro axente que as produza ademais do que se indica no texto.
- b. Todas as variacións do material xenético son prexudiciais? Razona a resposta.
- c. Define os tipos de variacións do material xenético en función do nivel de afectación.
- d. É posible que nun xene se produza unha substitución dun par de bases e non se altere a secuencia de aminoácidos do polipéptido que codifica? Razona a túa resposta.

Aragón, xuño 2024

Responda as seguintes cuestións relacionadas co código xenético:

- a) Explique tres características importantes do código xenético, empregando exemplos a partir da táboa adxunta, cando sexa posible.
- b) Explique detalladamente os tipos de mutacións xénicas (ou puntuais) que existen.
- c) Explique as consecuencias máis probables de cada unha delas. Empregue a táboa adxunta para poñer algún exemplo, cando sexa posible.
- d) Que papel teñen as mutacións no proceso evolutivo? Razóneo.

Cantabria, xullo 2022

Cal ou cales dos seguintes tipos de mutacións cre que poderían provocar un cambio fenotípico máis importante nunha célula?:

- a) cambio dunha base por outra diferente,
- b) eliminación dunha base,
- c) inserción dunha base. Razoe as respostas.

Madrid, xullo 2022

Respecto ás mutacións puntuais na secuencia do ADN:

- Indique as causas polas que se poden xerar substitucións no ADN. Describa as substitucións de tipo transición e de tipo transversión.
- Describa as consecuencias que poden ter na cadea de aminoácidos:
 - unha mutación puntual por substitución; e
 - unha mutación puntual por inserción/eliminación (indel) no ADN codificante.

Navarra, xullo 2024

Unha proteína concreta está constituída por 120 aminoácidos. Unha mutación afecta a unha das bases nitrogenadas do ADN que a codifica e provoca a síntese dunha proteína mutante constituída por 30 aminoácidos menos que a normal.

- Tendo en conta as características do código xenético, trata de explicar que ocorreu.
- Que consecuencias podería ter sobre a funcionalidade da proteína?

Valencia, xullo 2022

Dado o seguinte fragmento de ADN monocatenario: 5' TAC GGA GAT TCA AGA GAG 3' e o correspondente ADN mutante: 5' TAC GGG ATT CAA GAG AG 3'

- Que tipo de mutación se produciu?
- A mutación incluída no apartado a) pode conlevar alteracións graves? Razoar a resposta.
- Define aneuploidía e euploidía.
- Pon dous exemplos de axentes mutáxenos exógenos.

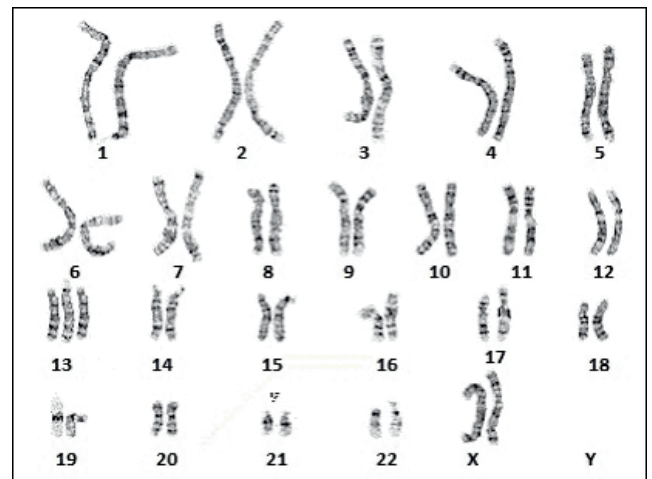
Extremadura, xullo 2023

Na seguinte figura preséntanse, ordenados en parellas de homólogos, todos os cromosomas dunha persoa á que se lle realizou un estudo xenético:

A. Razoar se, cromosomicamente, se trata dun individuo de sexo masculino ou de sexo feminino.

B. Tendo en conta que o número haploide (n) de Homo sapiens é 23, que anomalía se observa respecto ao número total de cromosomas?

C. Indique razonadamente en que grupo de mutacións podemos encadrar a alteración que se presenta.



Extremadura, xuño de 2024

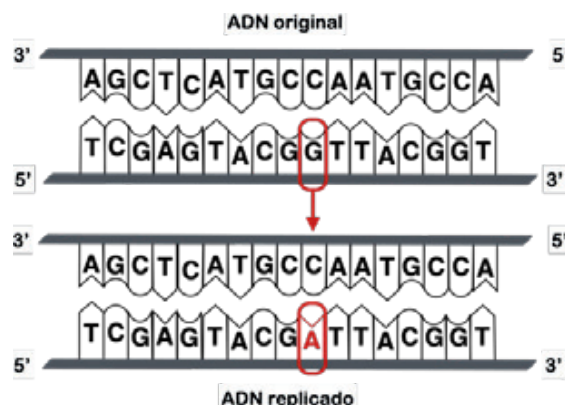
Durante o proceso evolutivo que deu orixe aos chimpancés (Pan troglodytes) e aos homínidos (xénero Homo) a partir dun antepasado común, produciuse a fusión de dous pequenos cromosomas (12 e 13 do chimpancé actual) para formar o cromosoma 2 do ser humano actual, permanecendo o resto do xenoma practicamente inalterado.

AEn que grupo se pode encadrar este tipo de mutacións? Por que?

Aragón, xuño de 2022, pregunta 6

En relación coa figura adxunta, responda ás seguintes cuestións:

- De que tipo de mutación se trata? Sexa o máis concreto posible.
- Que tipos de axentes poden xerar mutacións?
- Exponha que consecuencias pode ter unha mutación deste tipo en relación coa estrutura e funcionalidade das proteínas codificadas polo fragmento de ADN afectado. Razoar a resposta.
- Supoñendo que a mutación representada aparece nunha célula dun individuo pluricelular, ¿Afectará dita mutación á súa descendencia? Razoar a resposta.



Andalucía, xuño de 2017

Nos servizos de radioloxía dos centros de saúde existen carteis que avisan dos riscos dos exames con raios X a mulleres embarazadas ou a aquelas que poderían estar no embarazo. ¿En que se basa esta advertencia? Razoar a resposta.

Aragón, xuño de 2016

- As mutacións son alteracións ao azar ou dirixidas cara a un cambio concreto? Razoar a resposta.
- Por que as mutacións son a base da selección nas especies?

Aragón, xuño de 2010

- Que é a evolución biolóxica?
- A que se debe a variabilidade xenética nos organismos con reprodución asexual?
- A que se debe a variabilidade xenética nos organismos con reprodución sexual?

Cataluña, xuño de 1999

Escherichia coli é unha bacteria sensible á estreptomicina. É dicir, se se engaden unhas gotas deste antibiótico a un medio de cultivo, as bacterias morren. Pero como noutros seres vivos, hai casos de mutacións. Unha destas mutacións converte a bacteria portadora en resistente á estreptomicina.

- Que son as mutacións e como se orixinan? Explique as diferenzas entre os efectos da aparición dunha mutación nun organismo procariota e nun eucariota.

A Ríoxa, xuño 2024

Nas células cancerosas pódense identificar alteracións do seu material xenético, que dan como resultado o proceso canceroso. Describa ao menos dous mecanismos posibles de mutacións que promoven o desenvolvemento de procesos cancerosos en células sanas.