

PREGUNTAS RESOLTAS OS ACIDOS NUCLEICOS

- 1.- Diferenza entre nucleótidos e nucleósidos. Como se nomean uns e outros?
- 2.- Que tipo de moléculas son os ácidos nucleicos? Que tipos coñeces? Confecciona unha táboa sinalando as súas diferenzas.
- 3.- Explica o modelo de dobre hélice da molécula de ADN.
- 4.- Por que a complementariedade entre as bases do ADN establécese entre a A e a T e a G coa C, e non entre calquera outro par?
- 5.- Cita algunhas excepcións ao dogma central da bioloxía molecular.
- 6.- Que son os nucleótidos e cal é a súa composición?
- 7.- Que é un polinucleótido? Representa esquemáticamente un polinucleótido e indica as ligazóns implicadas na súa formación.
- 8.- Nunha mostra dun ácido nucleico, observouse a seguinte proporción de bases: A = 25% , T = 18%, G = 22%, C = 35%. a) Cumpre a regra de Chargaff a mostra estudada? b) Que tipo de ácido nucleico será o da mostra?
- 9.- Que procesos permiten a expresión da información xenética codificada no ADN?
- 10.- Principais tipos de nucleótidos.
- 11.- Cales son os principais nucleótidos que actúan como coenzimas?
- 12.- Se unha febra de ADN presenta a seguinte secuencia de bases, cal será a secuencia da febra complementaria? 5' GGTACGTAGCTA 3'
- 13.- Xustifica por que a estrutura de dobre hélice contribuíu a reforzar a hipótese de que o ADN era unha molécula capaz de replicarse e, por tanto, portadora da herdanza biolóxica.
- 14.- Explica como se unen os diferentes compoñentes que forman os nucleótidos.
- 15.- Cales son as características químicas dos nucleótidos trifosfato? Representa unha molécula de ATP e explica a súa importancia biolóxica.
- 16.- Por que os ácidos nucleicos son moléculas que poden conter información?
- 17.- Que información contén o ADN na súa secuencia de bases?; como controla o ADN as funcións celulares a partir desa información?
- 18.- Escribe as fórmulas da adenosina-5'-monofosfato e do ácido desoxicitidílico.
- 19.- Analiza a estrutura do AMP cíclico e explica a súa función.
- 20.- Explica a estrutura do ARN transferente. Cal é a súa función?
- 21.- Cales foron os principais datos experimentais que levaron a Watson e Crick a propoñer o modelo de dobre hélice?
- 22.- Explica as funcións biolóxicas do ADN.

SOLUCIÓN:

- 1.- Diferenza entre nucleótidos e nucleósidos. Como se nomean uns e outros?

Solución: A diferenza principal entre nucleósidos e nucleótidos está en que os **nucleósidos** non conteñen ácido fosfórico na súa composición e os **nucleótidos** si que o conteñen; por tanto, os nucleótidos son nucleósidos fosforilados.

Nucleósido = Pentosa - Base nitroxenada

Nucleótido = Fosfórico - Pentosa - Base nitroxenada

Por conseguinte: **Nucleótido** = **Nucleósido** + **Fosfórico**.

Os nucleósidos noméanse cambiando a terminación da base nitroxenada por **osina** se a base é púrica e por **idina** se a base é pirimidínica. Se a pentosa é a desoxirribosa, antepónse ao nome o prefixo **desoxi**.

Exemplos: **adenosina** (ribosa-adenina), **desoxitimidina** (desoxirribosa-timina).

Os nucleótidos pódense nomear de dúas formas: Debido a que teñen carácter ácido pola presenza do fosfórico, noméanse antepoñendo a palabra **ácido** ao nome da base, á que se lle cambia a terminación por **ílico**, se a base é púrica, ou por **idílico**, se é pirimidínica.

Se a pentosa é desoxirribosa, ao nome da base antepónselle o prefixo **desoxi**.

Exemplos: **ácido adenílico** (fosfórico-ribosa-adenina), **ácido desoxicitidílico** (fosfórico-desoxirribosa-citosina). Outra maneira de nomealos é nomeando primeiro o nucleósido; logo, o carbono da pentosa onde se une o fosfórico, e a continuación, o número de fosfóricos que o forman. Exemplos: **adenosina-5'-monofosfato**, **desoxicitidina-5'-monofosfato**.

2.- Que tipo de moléculas son os ácidos nucleicos? Que tipos coñeces? Confecciona unha táboa sinalando as súas diferenzas.

Solución: Os ácidos nucleicos son polinucleótidos, é dicir, son macromoléculas constituídas pola unión de nucleótidos 5' fosfato. Hai dous tipos de ácidos nucleicos: O **ácido desoxirribonucleico (ADN)** que é un polinucleótido formado pola unión de desoxirribonucleótidos 5' fosfato de A,G,C e T. Por tanto, contén como azucre a desoxirribosa. O **ácido ribonucleico (ARN)** que se forma pola unión de ribonucleótidos 5' fosfato de A,G,C e U. A pentosa que os forma é a ribosa.

3.- Explica o modelo de dobre hélice da molécula de ADN.

Solución: O modelo de dobre hélice foi proposto por Watson e Crick en 1953, e explica a estrutura do ADN do seguinte modo: O ADN está formado por dúas cadeas de polinucleótidos complementarias, enroladas ao redor dun eixo imaxinario e con xiro á dereita, orixinando unha dobre hélice. As dúas febras son complementarias e antiparalelas, situándose unha en sentido 3' 5' e a outra en sentido 5' 3'. O esqueleto das cadeas está formado polos restos azucre-fosfato, situándose as bases nitroxenadas de ambas as febras enfrontadas cara ao interior e perpendiculares ao eixo da hélice. Os restos azucre-fosfato actúan como o pasamanos dunha escaleira de caracol, mentres que os pares de bases enfrontados serían os elos. As bases nitroxenadas das dúas cadeas son complementarias; así, a adenina dunha febra enfróntase coa timina da outra, e a guanina, coa citosina. As bases complementarias das dúas cadeas únense mediante pontes de hidróxeno, establecéndose dúas pontes entre o par A-T, e tres entre a G e a C. Cada volta de hélice mide 3,4 nm e inclúe dez pares de bases. O diámetro da hélice é de 2 nm.

4.- Por que a complementariedade entre as bases do ADN establécese entre a A e a T e a G coa C, e non entre calquera outro par?

Solución: Existen dúas razóns fundamentais que explican a complementariedade entre os pares de bases do ADN: Os emparellamentos A-T e G-C son os que permiten establecer o número máximo de pontes de hidróxeno entre as bases; concretamente, dous entre o par A-T e tres entre o par G-C. Hai que destacar que as pontes de hidróxeno son unhas das principais forzas que estabilizan a dobre hélice. O tamaño de

calquera dos outros pares de bases, entre os que se poden establecer pontes de hidróxeno, non encaixaría na estrutura da dobre hélice, que presenta unhas dimensións concretas. Por exemplo, o par A-C sería demasiado grande, e o par T-G, demasiado pequeno.

5.- Cita algunhas excepcións ao dogma central da bioloxía molecular.

Solución: A acumulación de coñecementos sobre as funcións dos ácidos nucleicos puxo de manifesto a existencia de excepcións ao dogma central da bioloxía molecular, como son: O descubrimento nalgúns virus ARN da encima transcriptasa inversa, que cataliza a formación de moléculas de ADN a partir da secuencia do ARN do virus. En virus vexetais, tamén ARN, púxose de manifesto a existencia de ARN viral que é capaz de dirixir a tradución directa, coma se tratácese dun ARNm.

6.- Que son os nucleótidos e cal é a súa composición?

Solución: Os nucleótidos son as unidades estruturais que forman os ácidos nucleicos. Están formados, á súa vez, por tres tipos de compostos: unha pentosa, unha base nitroxenada e unha molécula de ácido fosfórico.

Pentosa: As pentosas que forman os nucleótidos son aldopentosas, e poden ser: α -D-ribofuranosa ou α -D-2'-desoxirribofuranosa.

Base nitroxenada: As bases nitroxenadas son compostos cíclicos que conteñen nitróxeno e teñen carácter básico. Poden ser de dous tipos: púricas e pirimidínicas.

As **púricas** derivan da purina. As máis importantes son **adenina** (6-aminopurina) e **guanina** (2-amino-6-hidroxipurina).

As **pirimidínicas** derivan da pirimidina. As máis importantes son **citosa** (2-oxi-4-aminopirimidina), **uracilo** (2,4 dioxipirimidina) e **timina** (5-metil-2,4 dioxipirimidina).

Fosfórico: Nos nucleótidos pode haber unha, dous ou tres moléculas de fosfórico.

7.- Que é un polinucleótido? Representa esquemáticamente un polinucleótido e indica as ligazóns implicadas na súa formación.

Solución: Os polinucleótidos son moléculas formadas pola unión de nucleótidos mediante un tipo de ligazón chamada **fosfodiéster**. Esta ligazón establécese entre o ácido fosfórico unido ao carbono 5' dun nucleótido e o grupo hidroxilo do carbono 3' doutro nucleótido. Desta forma, queda unha cadea constituída por un esqueleto no que alternan as pentosa e os ácidos fosfóricos (parte invariable da molécula), do que colgan perpendicularmente as bases nitroxenadas. Ademais, na cadea distínguense un extremo 3' libre e un extremo 5'. Os polinucleótidos poden formarse pola unión de ribonucleótidos, constituíndo un ARN; ou pola unión de desoxirribonucleótidos, nese caso fórmase unha cadea de ADN.

8.- Nunha mostra dun ácido nucleico, observouse a seguinte proporción de bases: A = 25%, T = 18%, G = 22%, C = 35%. a) Cumpre a regra de Chargaff a mostra estudada? b) Que tipo de ácido nucleico será o da mostra?

Solución: a) Segundo a regra de **Chargaff**, a cantidade de adenina dun ADN é a mesma que a de timina, e a de guanina, igual á de citosina. A mostra, por tanto, non cumpre a regra de Chargaff.

b) O ácido nucleico da mostra é un ADN, xa que na súa composición aparece a base timina, que é substituída no ARN polo uracilo. Este ADN é monocatenario, é dicir,

formado por unha única cadea. Neste caso, ao non existir a febra complementaria, as proporcións das bases nitroxenadas non teñen que cumprir a regra de Chargaff.

9.- Que procesos permiten a expresión da información xenética codificada no ADN?

Solución: Os procesos que permiten a expresión da información xenética contida no ADN son: A transcrición.

A **transcrición** consiste na síntese dunha molécula de ARN complementaria dun fragmento (xene) dunha das febras do ADN. A transcrición conduce á síntese dos distintos tipos de ARN: mensaxeiro, ribosómico e transferente.

A **tradución**. Consiste na síntese dunha proteína. Neste proceso, a información xenética contida nunha secuencia de nucleótidos dun ARN mensaxeiro debe traducirse a unha secuencia de aminoácidos (proteína). Na tradución, os aminoácidos deben dispoñerse na orde que define a secuencia de codóns do ARNm.

10.- Principais tipos de nucleótidos.

Solución: Os nucleótidos pódense dividir en dous grandes grupos segundo que formen parte, ou non, dos ácidos nucleicos:

Nucleótidos nucleicos: Estes únense entre si mediante ligazóns éster e forman os ácidos nucleicos. Dentro deles, diferéncianse dous grupos, atendendo a cal sexa a pentosa que os forma: **ribonucleótidos** e **desoxirribonucleótidos**.

Ribonucleótidos: teñen como pentosa a -D-ribofuranosa. Segundo cal sexa a base nitroxenada, diferéncianse catro tipos: - **Adenosina-5'-monofosfato** ou **ácido adenílico** ou **AMP**. - **Guanosina-5'-monofosfato** ou **ácido guanílico** ou **GMP**. - **Histidina-5'-monofosfato** ou **ácido citidílico** ou **CMP**. - **Uridina-5'-monofosfato** ou **ácido uridílico** ou **UMP**.

Desoxirribonucleótidos: teñen como pentosa a -D-desoxirribofuranosa, segundo cal sexa a base nitroxenada diferéncianse catro tipos: - **Desoxiadenosina-5'-monofosfato** ou **ácido desoxiadenílico** ou **dAMP**. - **Desoxiguanosina-5'-monofosfato** ou **ácido desoxiguanílico** ou **dGMP**. - **Desoxicitidina-5'-monofosfato** ou **ácido desoxicitidílico** ou **dCMP**. - **Desoxitimidina-5'-monofosfato** ou **ácido desoxitimidílico** ou **dTMP**.

Nucleótidos non nucleicos: non forman parte dos ácidos nucleicos, aínda que constitúen compostos de gran interese.

11.- Cales son os principais nucleótidos que actúan como coenzimas?

Solución: **Piridín nucleótidos** (NAD e NADP).

O **NAD** é un dinucleótido de adenina e nicotinamida. Presenta dúas formas: unha, reducida, que é capaz de ceder protones, e outra oxidada, que os acepta, polo que actúa como coenzima dalgunhas deshidrogenasas transportando electróns e H^+ en reaccións de óxido-redución. Participa en procesos catabólicos como a respiración celular. $NAD^+ + H^+ \rightarrow NADH$ (Forma oxidada) (Forma reducida)

O **NADPH** é idéntico ao NAD^+ excepto pola presenza dun grupo fosfato unido na posición 2' da ribosa. A diferenza de NAD^+ , participa en reaccións de óxido-redución dos procesos anabólicos.

Flavín nucleótidos. (FAD e FMN).

O **FAD** é un dinucleótido de riboflavina (vitamina B_{12}) e adenina, e o FMN é un mononucleótido de riboflavina. Actúan como coenzimas dun grupo de deshidroxenasas chamadas flavoproteínas, que catalizan reaccións de óxido-redución

do metabolismo celular. Do mesmo xeito que os piridín nucleótidos presentan unha forma reducida e unha forma oxidada. $\text{FAD} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{FADH}_2$

Coenzima A (CoA) É un derivado do ADP que leva unido ao difosfato unha molécula de ácido pantoténico (vitamina B₅) e un grupo derivado da etilamina que termina en radical -SH. Grazas ao grupo (-SH) o coenzima A únese a grupos acilo e transpórtalos pola célula.

12 .- Se unha febra de ADN presenta a seguinte secuencia de bases, cal será a secuencia da febra complementaria? 5' GGTACGTAGCTA 3'

Solución: A complementariedade de bases no ADN establécese entre a A e a T e a G coa C; por tanto, a secuencia complementaria será a seguinte: 3' CCATGCATCGAT 5'. Hai que sinalar que as dúas febras son antiparalelas, polo que os extremos 3' e 5' atópanse en sentido inverso.

13 .- Xustifica por que a estrutura de dobre hélice contribuíu a reforzar a hipótese de que o ADN era unha molécula capaz de replicarse e, por tanto, portadora da herdanza biolóxica.

Solución: O modelo de dobre hélice de Watson e Crick conduciu ao mecanismo mediante o cal a información xenética pode ser replicada con exactitude e, por tanto, permitía explicar como se transmite de xeración en xeración a herdanza biolóxica. Watson e Crick postularon que ao ser as dúas febras complementarias, durante a división celular, a replicación do ADN debía comezar pola separación das dúas febras, de modo que cada unha actuaría de patrón para a síntese dunha nova cadea complementaria. A fidelidade da replicación estaría garantida pola complementariedade entre os pares A-T e G-C. Cada unha das novas moléculas contería unha febra antiga e unha de nova síntese.

14 .- Explica como se unen os diferentes compoñentes que forman os nucleótidos.

Solución: Os nucleótidos están formados por unha pentosa, unha base nitroxenada e unha, dúas ou tres moléculas de fosfórico. Estes compostos únense da seguinte maneira para formar os nucleótidos: A pentosa únese mediante unha ligazón **N-glucosídico** tipo coa base nitroxenada. Esta ligazón prodúcese entre o C-1' da pentosa e o N-1 da base, se é pirimidínica, ou o N-9, se é púrica. Na formación desta ligazón libérase unha molécula de auga que se forma entre o -OH do C-1' da pentosa (-OH hemiacetalico) e un hidróxeno do nitróxeno da base. Este composto que se forma chámase **nucleósido**. O ácido fosfórico únese mediante unha ligazón **éster** coa pentosa. Esta ligazón fórmase ao esterificarse un -OH do fosfórico con algún grupo -OH libre da pentosa. O máis frecuente é que sexa o que está no C-5'; ao formarse esta ligazón libérase unha molécula de auga. Se os nucleótidos teñen dous ou tres moléculas de fosfórico, estes únense entre si mediante ligazóns **éster**.

15 .- Cales son as características químicas dos nucleótidos trifosfato? Representa unha molécula de ATP e explica a súa importancia biolóxica.

Solución: Os nucleótidos trifosfato son aqueles que presentan tres moléculas de ácido fosfórico enlazadas no carbono 5' da pentosa. Estas ligazóns son altamente enerxéticas (7,3 Kcal/mol no caso do ATP), debido a que os fosfatos atópanse ionizados a pH fisiológico, producíndose unha repulsión entre as cargas negativas (-) dos osíxenos. Por

tanto, para a súa formación necesítase unha elevada achega enerxética, e ao hidrolizarse prodúcese a liberación da enerxía que conteñen. O ATP actúa como transportador de enerxía nas reaccións metabólicas das células, debido a que as ligazóns éster fosfórico que unen os grupos fosfato entre si son ricos en enerxía. Ao hidrolizarse, estas ligazóns liberan a enerxía contida (7,3 Kcal/mol), que é utilizada polas células para diversas funcións como movemento celular, síntese de moléculas, produción de calor, transporte activo, transmisión do impulso nervioso ou reaccións endergónicas. $ATP + H_2O \rightarrow ADP + Pi + \text{Enerxía}$. Do mesmo xeito, a enerxía desprendida nas reaccións de oxidación celular e outros procesos fisiolóxicos é utilizada para a síntese de novas moléculas de ATP. $ADP + Pi + \text{Enerxía} \rightarrow ATP + H_2O$.

16 .- Por que os ácidos nucleicos son moléculas que poden conter información?

Solución: Os ácidos nucleicos son cadeas lineais formadas pola unión de nucleótidos. Na súa estrutura obsérvase un esqueleto invariable formado polos restos das pentosas e os ácidos fosfóricos, do que colgan as bases nitroxenadas que constitúen a parte variable da molécula. A orde no que están colocadas as diferentes bases é a forma na que está escrita a información dos ácidos nucleicos. Está escrita nunha linguaxe de catro letras (as bases nitroxenadas), e as distintas mensaxes dependen da orde no que están situadas dentro da molécula. Os ácidos nucleicos conteñen a información xenética na súa secuencia de bases. A orde no que estas aparecen colocadas determina as distintas mensaxes. **O modelo de dobre hélice impón algunha restrición á aparición de calquera secuencia de bases?** O modelo de dobre hélice corrobora o feito de que o ADN sexa a molécula portadora da información xenética, xa que pode albergar calquera secuencia de bases. Se tomamos un dos filamentos da hélice, non existe restrición algunha da secuencia das catro bases (A,G, C, e T); é dicir, a cadea goza de enteira liberdade para albergar calquera mensaxe redactada na linguaxe das bases nitroxenadas. A única restrición é que a outra cadea debe ser complementaria, pero este feito permite que cada unha delas actúe de molde dunha nova febra durante a replicación. Por tanto, o modelo de dobre hélice explica perfectamente e con gran sinxeleza as funcións do ADN.

17 .- Que información contén o ADN na súa secuencia de bases?; como controla o ADN as funcións celulares a partir desa información?

Solución: No ADN atópase a información para producir todas as proteínas da célula. Cada fragmento da molécula de ADN é un xene que leva a información para sintetizar unha proteína determinada. O ADN controla as funcións celulares mediante a expresión da súa información. Esta expresión realízase mediante dous procesos: a **transcrición**, no que se obtén unha molécula de ARNm copia dun fragmento de ADN, e a **tradución**, que é o proceso mediante o cal a información transportada desde o núcleo polo ARNm é traducida, grazas aos ARNt e ARNr, a unha secuencia de aminoácidos (proteína), seguindo as pautas que marca o código xenético, que establece a relación entre a secuencia de bases nitroxenadas e a secuencia de aminoácidos. Se temos en conta que todos as encimas son proteínas, e que os encimas controlan todas as reaccións químicas da célula, podemos comprender como o ADN controla as funcións celulares.

18 .- Escribe as fórmulas da adenosina-5'-monofosfato e do ácido desoxicitidílico.

Solución: **Adenosina-5'-monofosfato:** É un ribonucleótido; por tanto, terá como pentosa a -D-ribofuranosa, e como base, a adenina; esta unirase mediante unha ligazón N-glucosídica coa pentosa. Esta ligazón fórmase entre o C-1' da ribosa e o N-9 da adenina; ademais, este nucleótido ten un grupo fosfato que se esterificará co carbono 5' da ribosa.

Ácido desoxicitidílico: É un desoxirribonucleótido; por tanto, terá como pentosa a -D-2-desoxirribofuranosa, e como base nitroxenada, a citosina, a cal se unirá mediante unha ligazón N-glucosídica á pentosa. Esta ligazón fórmase entre o C-1' da desoxirribosa e o N-1 da citosina. Ademais, ten un grupo fosfato que se esterificará co C-5' da desoxirribosa.

19 .- Analiza a estrutura do AMP cíclico e explica a súa función.

Solución: O **AMPc** é un nucleótido monofosfato de adenina cuxo ácido fosfórico forma ligazóns cos carbonos 5' e 3' da ribosa, polo que a molécula adquire forma cíclica. Actúa como mensaxeiro químico intracelular (2º mensaxeiro). Cando unha hormona non pode atravesar a membrana celular, únese especificamente a un receptor de membrana que activa o encima adenilato ciclase. Este encima transforma moléculas de ATP en AMPc que, á súa vez, activa os encimas necesarios para dar resposta á mensaxe recibida desde o exterior celular.

20 .- Explica a estrutura do ARN transferente. Cal é a súa función?

Solución: Está formado por unha única febra, pero presenta zonas con estrutura secundaria debido ao apareamiento, mediante pontes de hidróxeno, entre bases complementarias. Na súa estrutura distínguense catro brazos e tres bucles. Nun dos brazos sitúanse os extremos 5' e 3' da cadea, este último é o sitio de unión do aminoácido. No brazo oposto atópase unha secuencia de tres bases, chamada **anticodón**, que é específica para cada aminoácido e complementaria cos **codóns** do ARNm. Participa na tradución. A súa función é captar aminoácidos no citoplasma, uníndose a eles, e transportalos aos ribosomas, colocándoos no lugar indicado polo ARNm.

21 .- Cales foron os principais datos experimentais que levaron a Watson e Crick a propoñer o modelo de dobre hélice?

Solución: Unha vez establecido o feito de que o ADN era a molécula portadora da información xenética, tres datos fundamentais permitiron a Watson e Crick establecer o modelo de dobre hélice:

- As investigacións de **Chargaff**, que, despois do estudo de numerosas mostras de ADN de diferentes seres vivos concluíron que na molécula de ADN a cantidade de adenina é igual á de timina, e a de guanina, á de citosina; por tanto, a suma das bases púricas é igual á das pirimidínicas.
- As imaxes obtidas por difracción de raios X, de **Wilkins e Franklin**, que permitiron ver que a estrutura do ADN era helicoidal, e determinar algunhas das súas dimensións, como o diámetro e certas periodicidades.
- A posibilidade do establecemento de pontes de hidróxeno entre algúns pares de bases. Concretamente, dúas pontes entre o par A-T e tres entre o par G-C. A partir

destes datos, e coa utilización de modelos moleculares metálicos a escala, **Watson e Crick** estableceron o modelo de dobre hélice do ADN, en 1953.

22 .- Explica as funcións biolóxicas do ADN.

Solución: O ADN é a molécula portadora a información xenética. É, por tanto, a molécula que almacena a información que se transmite de xeración en xeración e que se expresa na propia célula para controlar as súas funcións vitais. " De xeración en xeración a información xenética transmítese grazas ao proceso da replicación no que a molécula de ADN duplícase e obtéñense dúas copias idénticas. Cada copia irá a unha célula filla durante a división celular. Expresión na propia célula. A información contida na secuencia de bases do ADN é para producir todas as proteínas da célula. Estas son as responsables de regular todos as reaccións químicas celulares e, por tanto, de controlar as funcións vitais. A expresión da información na célula realízase mediante dous procesos: a transcrición, no que se obtén unha molécula de ARNm copia dun fragmento de ADN, e a tradución, que é o proceso mediante o cal a información transportada desde o núcleo polo ARNm é traducida, grazas aos ARNt e ARNr, a unha secuencia aminoácidos (proteína)."