

INTRODUCCIÓN.

O análise químico da materia viva revela unha gran similitude para todos os organismos sendo os seus principais compoñentes:

- Bioelementos.
- Biomoléculas:
 - Inorgánicas: Auga e sales minerais
 - Orgánicas: Glúcidos, Lípidos, Proteínas e Ácidos nucleicos.

BIOELEMENTOS.

Os elementos químicos esenciais para a vida foron seleccionados en función de dous parámetros:

- O seu comportamento en medio acuoso.
- A reactividade dos átomos e os tipos de enlace que se poden establecer para construír as moléculas orgánicas.

De tódolos elementos que se achán na codia terrestre, só 70 son compoñentes dos seres vivos, e destes, só 16 son comúns a todos eles. Isto confírmanos na idea de que a vida se desenvolveu sobre uns elementos concretos non por puro azar, senón porque eses elementos posúen unhas propiedades físico-químicas acordes cos procesos químicos que se desenvolven no seo dos seres vivos.

Denomínanse **elementos bioxénicos** ou **bioelementos** a aqueles elementos químicos que forman parte dos seres vivos, e poden clasificarse atendendo a súa abundancia que non a súa importancia en tres categorías:

- **Bioelementos Primarios:** C, H, O, N, P e S. Constitúen o 96% do total da materia viva. Denominanse primarios ou plásticos porque son indispensables para a formación dos principios inmediatos ou biomoléculas presentes en tódolos seres vivos.

As propiedades físico-químicas que os fan tan adecuados para a vida son as seguintes:

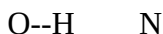
- A súa masa molecular é relativamente pequena e poden compartir os electróns das súas capas máis externas, o que lles permite formar enlaces covalentes estables entre si e con outros átomos.
- Forman en xeral compostos polares, o que lles permite disolverse na auga.
- É particularmente significativa a capacidade do C para formar enlaces estables C-C, chegando a formar longas cadeas carbonadas lineais, ramificadas, aneis, etc así como para unirse con outros elementos químicos, aumentando a posibilidade de crear novos grupos funcionais (alcohol, aldehído, cetona...) que orixinan compostos orgánicos moi diversos.
- A causa da configuración tetraédrica dos enlaces de C os diferentes tipos de moléculas orgánicas teñen estruturas tridimensionais diferentes.
- Os compostos formados por estes átomos nos organismos vivos atópanse en estado moi reducido polo que se oxidan con facilidade para formaren compostos de baixa enerxía como o CO₂ e a H₂O. A enerxía desprendida nesas oxidacións é aproveitada para as funcións vitais dos organismos.
- **Bioelementos Secundarios:** Ca, Na, K, Mg, Cl... Encóntranse formando parte de tódolos seres vivos, se ben en conxunto non superan o 4% en masa do total do organismo. As súas funcións son moi diversas, así:
 - Na, K, Cl, interveñen no mantemento do equilibrio osmótico, transmisión do impulso nervioso...
 - Mg é compoñente da clorofila e de moitos enzimas.

- **Oligoelementos:** Fe, Mn, Cu, I, Co... Denomínanse así ó conxunto de elementos químicos que están presentes nos organismos en proporcións reducidísimas (inferiores ó 0,1%, en conxunto non representan máis aló do 0,5% da masa total do organismo). Tanto a súa carencia como o seu exceso pode producir graves trastornos nos seres vivos (xa que actúan como catalizadores). Entre as funcións que desempeñan podemos citar:
 - Fe é fundamental para a síntese de clorofila, actúa como catalizador de moitas reaccións químicas e forma parte de proteínas de funcións moi importantes (citocromos, hemoglobina).
 - Mn intervéñ na fotólise da auga durante o proceso de fotosíntese nas plantas.
 - Co forma parte da vitamina B₁₂.

Os elementos químicos que constitúen a materia viva asóciase para formar moléculas sinxelas (**compostos básicos** ou **monómeros**) que a súa vez asóciase por un proceso de polimerización uníndose por medio de enlaces químicos para formar **polímeros** (ou **macromoléculas**).

Os enlaces máis fortes que se orixinan na formación das moléculas orgánicas son os **enlaces covalentes** (resultado de compartir electróns entre átomos adxacentes). Sen embargo son outro tipo de **INTERACCIÓNS DÉBILES (enlaces NON COVALENTES)** as que interveñen na determinación da estrutura de moitas moléculas e nas reaccións específicas que entre elas se producen. Estas interaccións reversibles, que teñen grande importancia nas estruturas e nas funcións que desempeñan as moléculas son:

- **Pontes ou enlaces de hidróxeno:** prodúcese cando un átomo de H é compartido por dous átomos diferentes (ambos electronegativos).



- **Interaccións electrostáticas (enlace iónico):** un grupo funcional ionizado presenta unha carga (+) ou (-), polo que é atraído por un ión ou grupo con carga oposta.
- **Interaccións hidrófobas:** as moléculas de auga son moléculas polares que tenden a unirse entre si. Ó facelo, repelen as apolares, que por conseguinte se reúnen. As interaccións hidrófobas son as que manteñen moitas das estruturas biolóxicas fundamentais, como as membranas, e proporcionan substratos para as reaccións químicas.
- **Forzas de Van der Waals:** son interaccións inespecíficas. Prodúcese entre dous átomos calquera que estean a unha distancia superior a un valor mínimo, por debaixo do cal se produciría repulsión entre as nubes de electróns.

4. PRINCIPIOS INMEDIATOS OU BIOMOLÉCULAS.

Os bioelementos non están xeralmente en forma libre dentro do organismo, senón que se agrupan en moléculas máis ou menos grandes denominadas **biomoléculas** ou **principios inmediatos** que constitúen os piares arquitectónicos básicos para a construción da complexa estrutura dos seres vivos.

Clasifícanse en:

- **Biomoléculas inorgánicas:** presentes tamén na materia inerte: **Auga e Sales minerais.**
- **Biomoléculas orgánicas:** exclusivas dos seres vivos: **Glúcidos, Lípidos, Proteínas e Ácidos nucleicos.**

4.1. A AUGA.

A vida na forma en que a coñecemos depende para a súa existencia da presenza de auga e ela constitúe a maior parte da composición dos seres vivos.

A porcentaxe de auga non é a mesma en tódolos seres vivos, varía en función de:

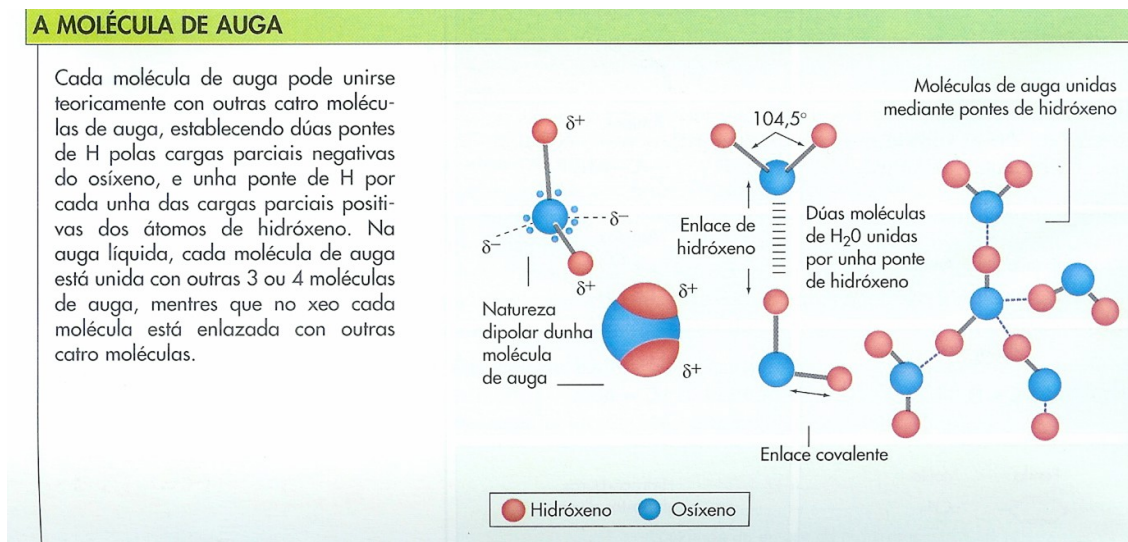
- As partes duras ou esqueléticas que presente o organismo.
- A idade.

- A actividade biolóxica que desenvolven as células (así, as sementes que están en estado de vida latente con moi pouca actividade metabólica conteñen un 10% de auga e o tecido nervioso que presenta unha gran actividade presenta un 86%).

4.1.1. ESTRUCTURA.

A auga a temperatura ambiente é líquida. Con todo cabería esperar que fose un gas se se compara con outras moléculas de masa molecular semellante, coma o O_2 e o CO_2 que nestas condicións son gases. A auga presenta un comportamento físico particular debido a que a molécula de auga esta formada por un átomo de osíxeno unido a dous átomos de hidróxeno mediante enlaces covalentes. Os enlaces non se dispoñen en liña recta, senón formando un ángulo de $104,5^\circ$. O átomo de osíxeno, moi electronegativo, atrae os electróns compartidos nos enlaces de tal maneira que se produce unha certa densidade de carga negativa (dúas cargas parciais negativas) mentres que os hidróxenos presentan unha carga parcial positiva. A molécula de auga é, polo tanto, un **dipolo eléctrico**, aínda que a súa carga neta sexa neutra.

Entre os dipolos establécense forzas de atracción chamadas **enlaces** ou **pontes de hidróxeno**. Cada molécula de auga pode unirse con outras catro moléculas veciñas. Con isto lógrase unha masa molecular elevada e a auga compórtase como un líquido. Estas agrupacións que duran fraccións de segundo, confírenlle a auga todas as súas propiedades de fluído.



4.1.2.-PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E FUNCIÓNS BIOLÓXICAS.

A presenza de enlaces de hidróxeno e a estrutura dipolar da molécula de auga son as responsables dunha serie de propiedades físico-químicas especiais das que derivan as súas funcións biolóxicas. Entre elas podemos citar:

- **Elevada forza de cohesión entre as moléculas:** grazas as pontes de hidróxeno. Ser un fluído dentro dunha ampla marxe de temperatura fai que sexa un **líquido case incompresible**, que lle proporciona volume ás células, turxescencia ás plantas e que constitúe o esqueleto hidrostático de moitos invertebrados.
- **Elevada forza de adhesión:** as moléculas de auga presentan unha gran capacidade de adherirse as paredes de condutos de pequeno diámetro, ascendendo en contra da gravidade, o que se coñece como **capilaridade**. Este fenómeno depende tanto da adhesión das moléculas de auga as paredes dos condutos como da cohesión das moléculas de auga entre si. Isto fai que o zume bruto poida ascender polos tubos capilares das plantas.
- **Elevada tensión superficial:** e dicir, a súa superficie opón resistencia a romperse, o cal posibilita que algúns organismos vivan asociados a esta película superficial.

- **Elevada calor específica:** a calor específica é a calor necesaria para elevar a temperatura dunha substancia. A auga ten unha calor específica alta porque para elevar a súa temperatura, é dicir, o grao de axitación das súas moléculas hai que romper moitos enlaces que hai entre elas, o que implica que hai que subministrar moita calor. Por iso a auga é un bo estabilizador térmico do organismo fronte aos cambios bruscos de temperatura do ambiente.
- **Elevada calor de vaporización:** para pasar do estado líquido ó gasoso cómpre romper todos os enlaces de hidróxeno e para iso precísase moita enerxía. Isto fai que a auga sexa un bo refrixerante do organismo. A auga que se evapora na superficie dun ser vivo absorbe calor do organismo actuando como regulador térmico.
- **Densidade máis alta en estado líquido ca en estado sólido:** en estado sólido todos os enlaces de hidróxeno da auga forman un retículo que ocupa maior volume ca en estado líquido e, polo tanto, o xeo é menos denso ca a auga. Isto explica que o xeo flote sobre a auga e que forme unha capa superficial termoillante que posibilita a vida baixo o xeo en ríos, mares e lagos.
- **Elevada constante dieléctrica (momento dipolar):** a auga é o disolvente universal grazas a polaridade da molécula de auga, que permite establecer pontes de hidróxeno con calquera composto iónico e con moléculas que presentan grupos polares.
- **Baixo grao de ionización.**

FUNCIONES BIOLÓGICAS DA AUGA:

As funcións biolóxicas da auga están estreitamente relacionadas coas propiedades anteriormente descritas:

- **Función termorreguladora:** debido a súa elevada calor específica e de vaporización. Por exemplo, os animais ó suar expulsan auga, a cal para evaporarse toma calor do corpo e como consecuencia este arrefría.
- **Función disolvente:** a capacidade disolvente da auga é responsable de dúas importantes funcións que ten nos seres vivos:
 - é o medio onde transcorren a maioría das reaccións do metabolismo.
 - o aporte de nutrientes e a eliminación de produtos de desfeito realizase a través de sistemas de transporte acuosos.
- **Función estrutural:** a elevada forza de cohesión-adhesión entre as moléculas de auga permite que se manteñan a forma e volume das células, os cambios e deformacións do citoplasma e explica o ascenso do zume polos vasos condutores.
- **Función mecánica:** actuando como amortecedor e lubricante.
- **Función química:** os seres vivos utilizan a auga en moitas reaccións:
 - nas reaccións de hidrólise
 - na fotosíntese: actuando como fonte de átomos de hidróxeno (fotólise da auga durante a fase luminosa)
 - achegando hidroxenións ou hidroxilos ó medio (debido á disociación iónica da auga).

SALES MINERAIS: FUNCIONES.

Son moléculas inorgánicas que se atopan nos seres vivos en disolución ou en forma sólida.

- En **forma sólida (precipitadas)** teñen unha función principalmente esquelética ou de sostén. Entre elas destacan:
 - CaCO_3 : forma as cunchas ou esqueletos externos de moluscos e crustáceos.
 - $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$: contribúe o endurecemento dos osos de vertebrados.
 - SiO_2 : impregna e endurece moitas plantas e forma o caparazón de moitos microorganismos.

- En **disolución**, preséntanse disociadas en maior ou menor grao nos seus correspondentes ións. Os principais son:
 - **Catións:** Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} .
 - **Anións:** Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{-2} , HPO_4^{-2} , PO_4^{-3} , NO_3^- , SO_4^{-2} .
 As **funcións** que desempeñan son:
 - Actúan como tampóns.
 - Interveñen no equilibrio osmótico.
 - Estabilizan dispersións coloidais
 - Manteñen un grao de salinidade constante no medio interno.
 - Funcións específicas (xa citadas ó falar de bioelementos).

GLÍCIDOS OU CARBOHIDRATOS.

Os **glúcidos** son biomoléculas orgánicas formadas basicamente por C, H e O, que xeralmente, teñen a fórmula empírica $(\text{CH}_2\text{O})_n$; de aí que tamén sexan chamados **hidratos de carbono** ou **carbohidratos**, nome pouco apropiado xa que non se trata de átomos de carbono hidratados ou enlazados cunha molécula de auga, senón **polialcohois cun grupo aldehído ou cetona**. Estas biomoléculas teñen polo tanto átomos de carbono unidos a grupos **alcohois (-OH)**, e ademais sempre hai un grupo **carbonilo (C = O)** que pode ser aldehído ou cetona.

CLASIFICACIÓN.

Os distintos tipos de glúcidos en canto a súa composición e estrutura **clasifícanse** en dous grandes grupos:

- **MONOSACÁRIDOS OU OSAS:** Os máis sinxelos, non se poden descompoñer en glúcidos máis simples e son as unidades estruturais ou monómeros a partir dos cales se orixinan os demais.
- **ÓSIDOS:** Polímeros formados pola unión de dúas ou máis unidades de monosacáridos (holósidos) e, nalgúns casos, pola combinación de glúcidos e outras moléculas (heterósidos). Recoñécense polo tanto dous grupos:
 - **Holósidos:** constituídos unicamente por monosacáridos. Segundo o número de monosacáridos que interveñan na súa formación distinguimos:
 - ❖ **Oligosacáridos:** formados pola unión de entre 2 e 10 monosacáridos. Os máis importantes son os **Disacáridos**.
 - ❖ **Polisacáridos:** son polímeros formados pola unión de máis de 10 unidades de monosacáridos. Poden ser:
 - **Homopolisacáridos:** todos os monosacáridos que o forman son iguais entre si.
 - **Heteropolisacáridos:** compostos por diferentes monosacáridos.
 - **Heterósidos:** constituídos por monosacáridos e outro tipo de moléculas (proteínas, lípidos...).

MONOSACÁRIDOS.

Son os glúcidos máis sinxelos. Quimicamente están constituídos por unha soa cadea de polialcohois cun grupo aldehído ou cetona.

A súa principal función nos organismos é enerxética aínda que algúns deles entran a formar parte da composición de moléculas con funcións moi diferentes (Ácidos nucleicos, ATP...).

ESTRUTURA E PROPIEDADES.

A fórmula xeral dun monosacárido é $C_n(H_2O)_n$ onde **n** corresponde ó número de átomos de carbono, que nos monosacáridos naturais varía entre 3 e 7.

Desde o punto de vista químico, os monosacáridos son polialcohois cun grupo carbonilo ($C=O$), que pode ser aldehído ou cetona. Podémoslos definir entón como **polihidroxialdehídos ou polihidroxicetonas con un número variable de átomos de carbono**.

Son doces, solubles en auga, forman cristais brancos e **todos presentan poder redutor**. Os monosacáridos son capaces de **oxidarse**, é dicir, de perder electróns, ante outras substancias que, cando os aceptan, se reducen e liberan enerxía. Debido a iso os glúcidos son a fonte básica de enerxía das células.

A maioría dos monosacáridos (todos excepto a Dihidroxiacetona) presentan **carbonos asimétricos (C^*)**, é dicir, **átomos de C que teñen as súas catro valencias saturadas con catro radicais distintos**, o que determina un tipo de **isomería espacial** ou **estereoisomeria**. Os **estereoisómeros** son compostos que aínda que teñen a mesma fórmula empírica diferéncianse entre si pola distinta colocación dos seus átomos no espazo e ademais son opticamente activos (é dicir, desvían o plano da luz polarizada que atravesa unha disolución do monosacárido. Se o desvían hacia a dereita dise que son **dextroiros (+)**, e se o desvían a esquerda **levoxiros (-)**).

O número de estereoisómeros aumenta de forma exponencial co número de C^* , así si este é n , os estereoisómeros serán 2^n .

Por convenio, todos os estereoisómeros dun monosacárido que presentan no C^* máis afastado do carbono carbonílico o grupo hidroxilo (OH) á dereita dise que son da **serie D**, mentres que se queda a esquerda dise que son da **serie L**. Na natureza os monosacáridos máis frecuentes pertencen á serie D.

■ O feito de que os monosacáridos sexan dextroiros ou levoxiros é independente de que pertencan a serie D ou L.

CLASIFICACIÓN E NOMENCLATURA.

Se o grupo carbonilo esta nun extremo da cadea (carbono número 1), o monosacárido é un aldehído que se chamará **aldosa** (de aldehído + osa), e se o grupo carbonilo esta unido ó segundo carbono, a cetona resultante será unha **cetosa** (de cetona + osa).

Entón para nomealos anteponse á terminación **-osa** un prefixo que indica o número de átomos de carbono que posúe a molécula: **triosas** ($n = 3$), **tetrosas** ($n = 4$), **pentosas** ($n = 5$), **hexosas** ($n = 6$) e **heptosas** ($n = 7$).

A esta denominación xenérica, referida ó número de carbonos, adoitan engadírselle os prefixos **aldo-** ou **ceto-** para indicar, á súa vez, se o monosacárido é unha aldosa ou unha cetosa.

Para representalos utilízanse as fórmulas estruturais ou lineais, denominadas **proxecións de Fischer**.

ALDOSA

CETOSA

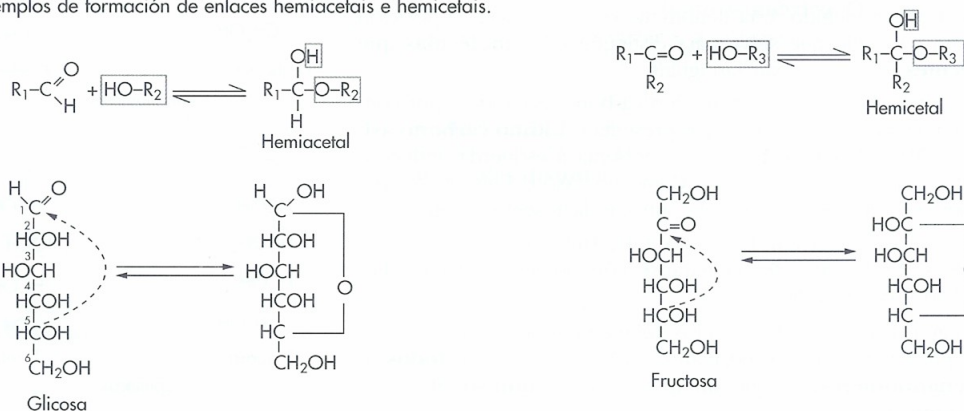
FORMAS CÍCLICAS.

As fórmulas lineais dos monosacáridos corresponden en realidade a súa estrutura molecular en estado sólido, pero cando pentosas e hexosas se encontran en disolución acuosa posúen formas cíclicas pola

formación dun enlace **hemiacetal** (alcohol + aldehído) ou **hemiacetal** (alcohol + cetona) entre o carbono carbonílico e o C* máis afastado de aquel.

ENLACES HEMIACTAL E HEMIACTAL

Exemplos de formación de enlaces hemiacetais e hemiacetais.

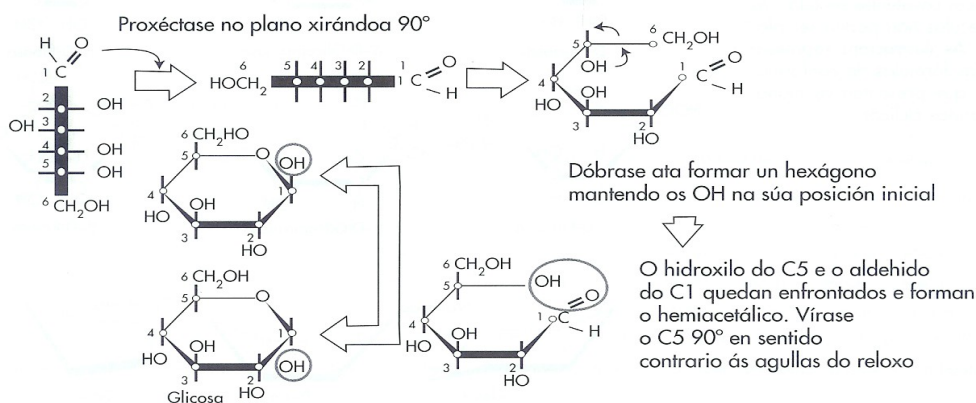


As formas cíclicas representáanse espacialmente mediante as **proxeccións de Haworth** formándose aneis de 5 elos denominados “**furanos**” ou de 6 denominados **piranos**.

A PROXECCIÓN DE HAWORTH

A proxección de Haworth constitúe un método xeral para todas as pentosas e as hexosas que permite coñecer o tipo

de anel e a configuración do carbono anomérico. O esquema recolle o exemplo da D-glicosa.



Ó ciclarse aparece nos monosacáridos un novo C* que corresponde ó que na fórmula lineal levaba o grupo carbonilo. Este novo C*, que recibe o nome de **Carbono anomérico** (o grupo -OH que ten agora denomínase **hidroxilo hemiacetalítico**), da lugar a dous novos estereoisómeros que reciben o nome de **anómeros** ou **formas anoméricas** e noméanse antepoñendo ó nome do monosacárido as letras gregas α ou β segundo que o grupo OH do carbono anomérico quede abaixo ou arriba da estrutura cíclica.

. PRINCIPAIS MONOSACÁRIDOS E FUNCIÓNS BIOLÓXICAS.

- **TRIOSAS:** destacan o **Gliceraldehído** e a **Dihidroxiacetona**, que son importantes intermediarios do metabolismo celular.
- **PENTOSAS:**

- **Ribosa:** compoñente dos nucleótidos (NAD, ATP) e do ARN
- **Ribulosa:** intervéen na fixación do CO_2 durante a fotosíntese.
- **Desoxirribosa (2-desoxirribosa):** é un derivado da ribosa (perde o grupo hidroxilo do C_2), forma parte do ADN.

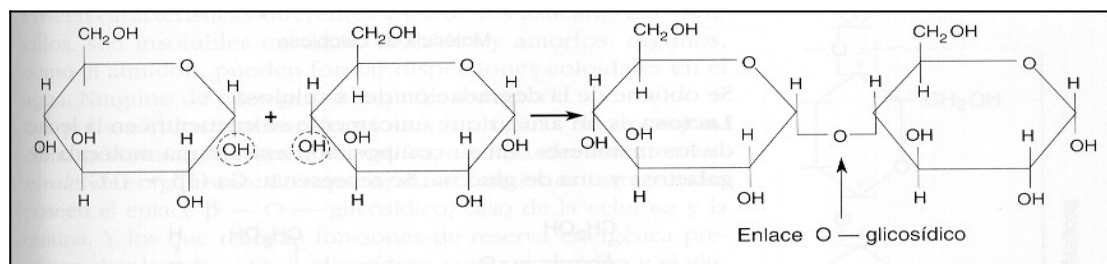
- **HEXOSAS:** comprende os monosacáridos máis coñecidos
 - **Galactosa:** forma parte do disacárido Lactosa.
 - **Frutosa e Glicosa:** libres na natureza en cantidades considerables, confiren o sabor doce a numerosas froitas. Tamén forman parte de importantes disacáridos e polisacáridos. Ademais a Glicosa constitúe o azucre máis estendido na natureza e o que máis utilizan os organismos como fonte de enerxía.

DISACÁRIDOS.

Están constituídos por dous monosacáridos unidos mediante enlace **O-glicosídico** con perda dunha molécula de auga.

O enlace **O-glicosídico** pode ser:

- **Monocarbonílico:** cando o enlace se realiza entre o Carbono anomérico (o que leva o OH hemiacetalico) do primeiro monosacárido e outro carbono non anomérico do segundo monosacárido.



- **Dicarbonílico:** se na unión interveñen os carbonos anoméricos de ambos monosacáridos. Os glúcidos que presentan este tipo de enlace perden o seu poder redutor xa que este reside no OH hemiacetalico. É o caso da sacarosa (glicosa+frutosa).

O enlace O-glicosídico pode ser α ou β -glicosídico, dependendo da posición que ocupa o grupo $-\text{OH}$ do primeiro monosacárido.

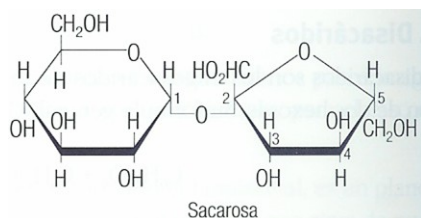
Tradicionalmente indícase entre que carbonos se produce o enlace mediante unha paréntese. Por exemplo α (1 → 4) significa que se trata dun enlace α -glicosídico entre o primeiro carbono do primeiro monosacárido e o cuarto do segundo.

Os disacáridos conservan as mesmas propiedades físicas que os monosacáridos, é dicir, son doces, solubles en auga e forman cristais brancos.

Poden hidrolizarse (ou sexa romperse a súa molécula pola adición dunha molécula de auga) dando lugar os monosacáridos compoñentes.

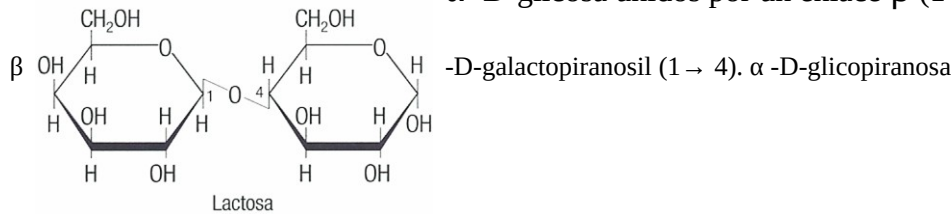
Como disacáridos de interese biolóxico podemos cita-los seguintes:

- **Sacarosa:** é o azucre corrente de mesa. Obtense da remolacha ou da cana de azucre. Esta formada pola unión de α -D glicosa e β -D frutosa mediante un enlace α (1 → 2). Como consecuencia deste tipo de enlace, a sacarosa non é un azucre redutor posto que os OH hemiacetalicos de ambos monosacáridos forman parte do enlace (enlace dicarbonílico).



α -D- glicopiranosil (1 $\rightarrow$ 2) β -D- fructofuranósido

- **Lactosa:** ou azucre do leite dos mamíferos, esta formado por β -D-galactosa e α -D-glicosa unidos por un enlace β (1 $\rightarrow$ 4).



Estes dous disacáridos aparecen nos seres vivos en forma libre e teñen función enerxética. Os seguintes non aparecen libres senón que se obteñen da hidrólise dalgún tipo de polisacárido.

- **Celobiosa:** é o resultado da unión de dúas moléculas de β -D-glicosa mediante un enlace β (1 $\rightarrow$ 4). Obtense por hidrólise da celulosa
- **Maltosa:** ou azucre de malta (cebada xerminada), fórmase con dúas unidades de α -D-glicosa mediante un enlace α (1 $\rightarrow$ 4). Obtense por hidrólise do amidón e do glicóxeno.
- **Isomaltosa:** formada por dúas moléculas de α -D-glicosa unidas mediante un enlace α (1 $\rightarrow$ 6). Obtense por hidrólise do amidón e do glicóxeno.

POLISACÁRIDOS.

Constituídos pola unión de n monosacáridos mediante enlaces O-glicosídicos con perda de n-1 moléculas de auga.

Non son doces, nin cristalizan, nin son solubles en auga, aínda que algúns, como o amidón, forman solucións coloidais. Non posúen carácter redutor (dado que todos os OH hemiacetalicos forman parte dos enlaces).

Poden clasificarse en base a dous criterios:

- Pola súa estrutura:
 - **Homopolisacáridos:** polímeros constituídos por un só tipo de monosacáridos.
 - **Heteropolisacáridos:** polímeros constituídos por dous ou máis tipos de monosacáridos (ou derivados) distintos.
- Pola súa función:
 - **Polisacáridos estruturais.**
 - **Polisacáridos de reserva (función enerxética).**

HOMOPOLISACARIDOS.

HOMOPOLISACÁRIDOS DE RESERVA:

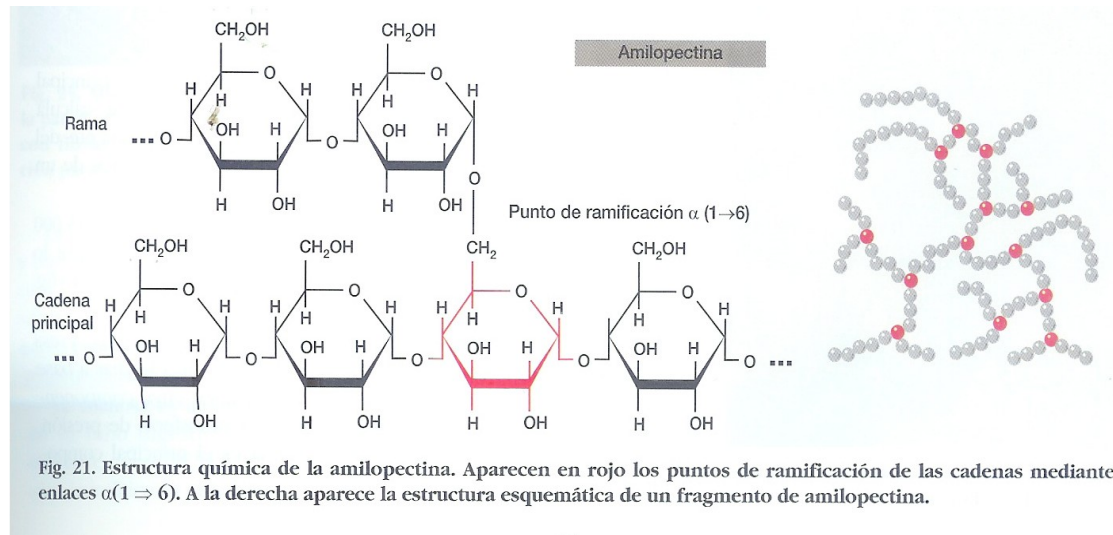
■ **AMIDÓN:** É un polisacárido de reserva dos vexetais. Acumúlase en forma de gránulos no interior dos plastos das células vexetais, sendo particularmente abundante en sementes, raíces e tubérculos. Constitúe unha forma eficaz de almacenar glicosa, pois ó non ser soluble non produce desequilibrios osmóticos co medio.

Da hidrólise enzimática do amidón, na que participan varios enzimas, obtense ó final do proceso glicosa que cando é necesario degradase intracelularmente para a obtención de enerxía.

Aínda que se considera ó amidón como un polímero de α -D-glicosa, en realidade está composto por dous tipos de polisacáridos: a **amilosa** (20%) e a **amilopectina** (80%).

A **amilosa** é un polímero de α -D-glicosa con unións α (1 $\rightarrow$ 4) que forma cadeas lineais dispostas en forma helicoidal (cada 6 glicosas unha volta de hélice).

A **amilopectina** esta formada por cadeas lineais dispostas helicoidalmente de α -D-glicosa unidas mediante enlaces α (1 $\rightarrow$ 4) con ramificacións en posición α (1 $\rightarrow$ 6). As ramas teñen arredor de doce glicosas, unidas mediante enlaces α (1 $\rightarrow$ 4), e aparecen, aproximadamente cada 25 a 30 glicosas, de tal forma que no punto de ramificación as moléculas de α -D-glicosa encóntranse unidas por enlaces α (1 $\rightarrow$ 6).



■ **GLICÓXENO:** É o polisacárido de reserva no mundo animal. Acumúlase en forma de grans, sobre todo no citoplasma das células musculares e hepáticas (fígado, onde representa arredor do 7% do seu peso). Estruturalmente é similar a amilopectina (moléculas de α -D-glicosa con unións α (1 $\rightarrow$ 4) e α (1 $\rightarrow$ 6)) pero con máis ramificacións pois estas aparecen cada 8-10 moléculas de glicosa da cadea lineal. A súa hidrólise é similar á do amidón.

HOMOPOLISACÁRIDOS ESTRUCTURAIS:

■ **CELULOSA:** Constitúe o principal compoñente da parede celular das células vexetais. Estruturalmente é un polímero de moléculas de β -D-glicosa unidas por enlaces β (1 $\rightarrow$ 4).

A maioría dos animais non dixiren a celulosa por careceren de enzimas que rompan o enlace β (1 $\rightarrow$ 4). Non obstante, os herbívoros conteñen no seu tubo dixestivo bacterias ou protozoos que posúen o enzima celulasa, capaz de hidrolizar o dito enlace. De todas maneiras este proceso é moi lento.

■ **QUITINA:** Compoñente fundamental do exoesqueleto dos artrópodos e da parede celular dos fungos. É un polímero dun derivado da glicosa, a N-acetil-D-glicosamina con unións β (1 $\rightarrow$ 4) polo que estruturalmente é moi similar á celulosa con láminas paralelas unidas por pontes de hidróxeno.

HETEROPOLISACÁRIDOS.

Un exemplo é o **Ácido hialurónico**, Compoñente da substancia intercelular do tecido conxuntivo, líquido sinovial da articulación e humor vítreo.

HETERÓSIDOS

Glicolípidos (formados por glúcidos e lípidos) e **glicoproteínas** (formadas por glúcidos e proteínas), ambos compoñentes das membranas celulares.

LÍPIDOS

Os lípidos son un grupo de biomoléculas orgánicas compostas basicamente por C, H e O (este último en menor proporción), aínda que os de maior complexidade conteñen tamén P, N e S.

Forman un grupo de substancias **moi heteroxéneas** (tanto desde o punto de vista estrutural, composición química como pola diversidade de funcións que desempeñan) aínda que teñen en **común** as seguintes propiedades físicas:

- Son insolubles en auga e noutros disolventes polares.**
- Son solubles en disolventes orgánicos (non polares)** como o éter, cloroformo...
- Son moi pouco densos.**

FUNCIONES BIOLÓXICAS.

Os lípidos desempeñan funcións moi variadas e de gran interese biolóxico:

- **Función de reserva enerxética:** os lípidos son a principal reserva enerxética do organismo (Acilgliceridos).
- **Función estrutural:** son a base estrutural das membranas biolóxicas (Fosfolípidos, Esfingolípidos, Colesterol).
- **Función biocatalizadora:** as hormonas esteroideas, as vitaminas liposolubles, etc facilitan as reaccións químicas que se producen nos seres vivos.
- **Función protectora:** formando os recubrimentos protectores de follas, plumas, pelos ou exoesqueleto.
- **Illamento térmico:** as graxas actúan como illantes ó acumularse baixo a pel das aves e mamíferos (forman o panículo adiposo).

CLASIFICACIÓN.

Os lípidos pódense clasificar de moitas formas segundo o criterio que se utilice (composición química, función biolóxica, posibilidade ou non de formar xabóns, etc).

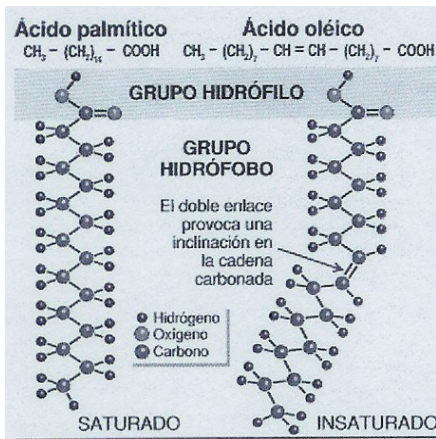
Baseándose na súa composición química clasifícanse en tres grandes grupos:

- **Ácidos graxos.**
- **Lípidos saponificables:** posúen ácidos graxos unidos a outras moléculas mediante enlaces éster. Producen xabón por hidrólise alcalina. A súa vez clasifícanse en:
 - **Simples: Triacilgliceridos e Ceras.**
 - **Complexos: Fosfoglicéridos e Esfingolípidos (estes non os vimos)**
- **Lípidos non saponificables:** carecen de ácidos graxos. Son:
 - **Terpenos ou Isoprenoides.**
 - **Esteroides.**

ÁCIDOS GRAXOS.

Son moléculas formadas por unha longa cadea hidrocarbonada de tipo **alifático**, é dicir lineal ($-CH_2-CH_2-CH_2-$) que polo xeral posúen un número par de átomos de carbono, xeralmente entre 12 e 24, sendo os máis abundantes os que teñen 16 e 18 carbonos, o último dos cales constitúe un grupo carboxilo ($-COOH$) tamén denominado grupo ácido. Son pouco abundantes en estado libre e obtéñense por hidrólise doutros lípidos.

Clasifícanse en dous grupos:



- **Ácidos graxos SATURADOS:** non presentan dobres enlaces na cadea hidrocarbonada que se dispón no espazo en zig-zag. Os principais son:

***Ácido palmítico:** $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{14} - \text{COOH}$

***Ácido esteárico:** $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{16} - \text{COOH}$

- **Ácidos graxos INSATURADOS:** presentan un ou varios enlaces dobres na cadea hidrocarbonada. Os dobres enlaces producen cóbados, con cambios de dirección, nos lugares onde aparecen os dobres enlaces. Entre eles:

***Ácido oleico:** $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$

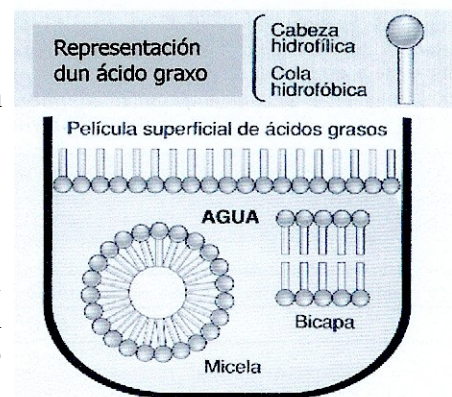
Fórmulas estruturais

Tódalas cadeas dos ácidos graxos forman entre si enlaces débiles de Van der Waals entre os grupos $-\text{CH}_2-$.

Existen ácidos graxos que non poden ser sintetizados polo ser humano e, non obstante, son esenciais para o organismo (necesarios para a síntese das prostaglandinas) polo que deben ser incorporados á dieta. É o caso de tres ácidos graxos **poliinsaturados**, o **ácido linoleico**, o **ácido linolénico** e o **ácido araquidónico**.

PROPIEDADES FÍSICAS DOS ÁCIDOS GRAXOS: Dependen da lonxitude e grao de insaturación das súas cadeas. As máis importantes son:

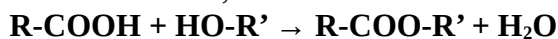
- **PUNTO DE FUSIÓN:** Os puntos de fusión dos ácidos graxos aumentan coa lonxitude da cadea, xa que canto máis longas sexan máis enlaces de Van der Waals se formarán entre elas e polo tanto maior será a enerxía necesaria para rompelos. Os ácidos graxos insaturados teñen un punto de fusión máis baixo cós saturados con igual número de carbonos, debido a que os cóbados da cadea reducen o número de enlaces de Van der Waals
- **CARÁCTER ANFIPÁTICO:** Os ácidos graxos son moléculas **anfipáticas**, é dicir, presentan simultaneamente unha **zona hidrofílica** ou **cabeza polar**, con afinidade pola auga, constituída polo grupo carboxilo ($-\text{COOH}$), e unha **zona hidrofóbica** ou **cola apolar**, formada pola cadea hidrocarbonada, que é repelida pola auga. O gran tamaño da zona hidrofóbica é o que determina a súa insolubilidade en auga. Esta característica determina que nun medio acuoso se dispoñan formando **micelas monocapas**, ou **bicapas**, nas que os grupos hidrófilos quedan en contacto coa auga e os hidrófobos afástanse desta, establecendo enlaces de Van der Waals entre eles.



Comportamento dos ácidos graxos en auga.

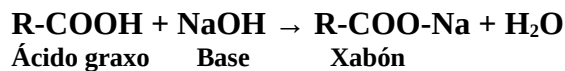
PROPIEDADES QUÍMICAS DOS ÁCIDOS GRAXOS: Os ácidos graxos compórtanse como ácidos moderadamente fortes, o que lles permite realizar **reaccións de:**

- **ESTERIFICACIÓN:** é unha reacción na que un **ácido graxo se une a un alcohol** mediante un enlace covalente, formándose un **éster** e liberándose unha molécula de auga.



Ácido graxo Alcohol Éster

- **SAPONIFICACIÓN (HIDRÓLISE ALCALINA):** é unha reacción típica dos **ácidos graxos**, na cal reaccionan con **bases** e dan lugar a unha **sal do ácido graxo**, que se denomina **xabón**.

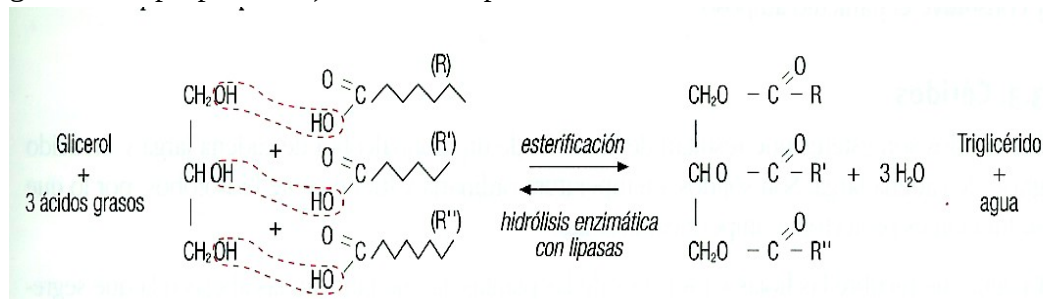


LÍPIDOS SAPONIFICABLES.

Presentan na súa molécula ácidos graxos polo que forman xabóns. Son ésteres, é dicir, son o produto da unión dun ácido graxo e un alcohol

TRIACILGLICÉRIDOS, TRIGLICÉRIDOS OU GRAXAS.

Están formados por **tres ácidos graxos** unidos mediante **enlace éster** coa **glicerina** (tamén chamada glicerol ou propanotriol), é dicir compostos formados mediante **reaccións de esterificación** do tipo:



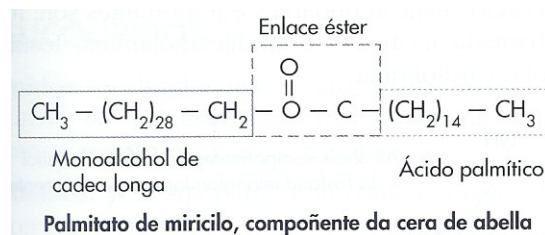
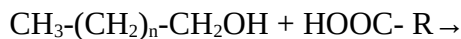
Cando os ácidos graxos que esterifican a glicerina son insaturados o triglicérido que se forma é líquido a temperatura ambiente e denomínase **aceite**; mentres que se son saturados o triglicérido é sólido a temperatura ambiente e denomínase **sebo**.

Os triglicéridos desempeñan dúas importantes **funcións**:

- **Constitúen a principal reserva enerxética nos animais;** debido a que as graxas posúen un valor enerxético superior ó dos glúcidos e proteínas. A oxidación completa dun gramo de graxa proporciona 9,4 kcal. Este feito é particularmente importante nos animais xa que conseguen almacenar a máxima enerxía co mínimo peso, o cal facilita a súa mobilidade.
- **Proporcionan illamento térmico e físico;** nalgúns animais homeotérmicos, as graxas depositadas baixo a pel (formando o panículo adiposo) sérvেনlle de illamento fronte a temperaturas baixas. Ademais as graxas depositadas ó redor dos órganos delicados (corazón, riles...), actúan como unha protección fronte a traumatismos.

CÉRIDOS OU CERAS.

Son ésteres de ácidos graxos de cadea longa con alcohois tamén de cadea longa (de 16 a 30 átomos de carbono).



En xeral son sólidas e totalmente insolubles en auga, xa que son hidrófobas, polo que poden formar láminas moi impermeables. De aí a súa principal **función** como **recubrimento protector** ou **impermeabilizante**. Recobren a epiderme de animais e vexetais, pelos plumas, follas, froitos, cutícula de insectos...

LÍPIDOS SAPONIFICABLES COMPLEXOS .

Son ésteres formados por un alcohol, ácidos graxos e outros tipos de moléculas. Forman parte da dobre capa lipídica das membranas celulares, debido ó seu comportamento anfipático, polo que tamén se denominan **lípidos de membrana**.

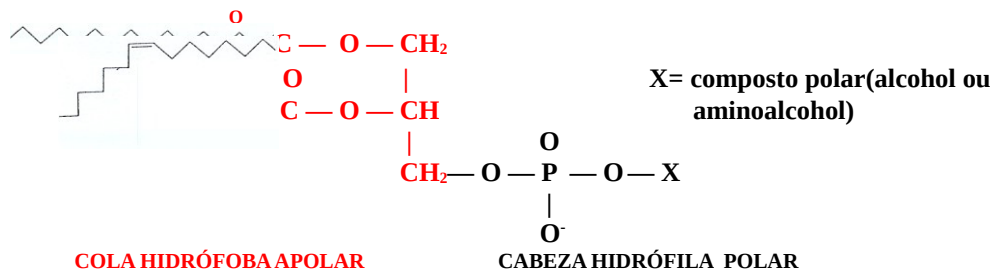
Divídense en tres grupos:

- Fosfogliceridos.
- Fosfoesfingolípidos.
- Glicosfingolípidos.

Os grupos que conteñen un grupo fosfato reciben o nome de **Fosfolípidos**.

FOSFOGLICÉRIDOS.

Están formados por **glicerina**, **dous ácidos graxos** (un dos cales é insaturado), **ácido fosfórico** e un **alcohol ou aminoalcohol**.



Os fosfogliceridos ou fosfolípidos son moléculas **anfipáticas**, con dúas partes diferentes:

- **Unha cabeza hidrófila polar:** comprende o grupo fosfato e o composto polar.
- **Unha cola hidrófoba apolar:** formada polas dúas cadeas hidrocarbonadas dos ácidos graxos e o glicerol.

En medio acuoso, os fosfolípidos forman espontaneamente **bicapas**, enfrontando os seus extremos apolares e quedando en contacto coa auga os seus grupos polares.

Estas bicapas lipídicas tenden a pecharse sobre si mesmas para evitar que nos extremos queden cadeas hidrocarbonadas expostas á auga.

LÍPIDOS INSAPONIFICABLES.

Pertencen a este grupo os lípidos que non posúen ácidos graxos na súa composición polo que non poden orixinar xabóns.

ERPENOS OU ISOPRENOIDES.

Son moléculas lineais ou cíclicas formadas pola polimerización do hidrocarburo de cinco átomos de carbono **isopreno (2-metil-1,3-butadieno)**.

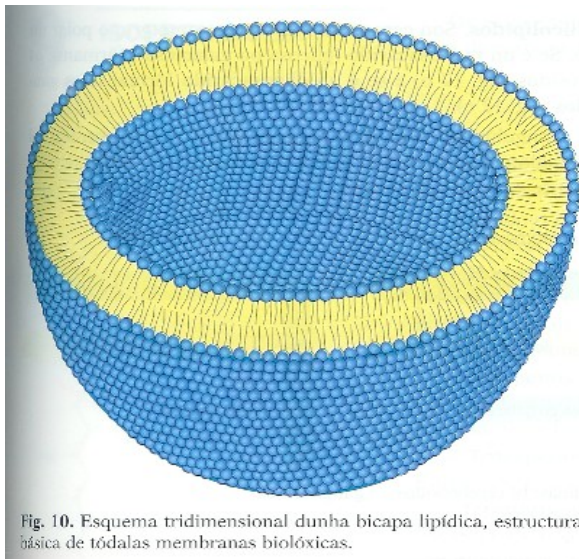
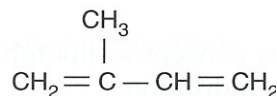


Fig. 10. Esquema tridimensional dunha bicapa lipídica, estrutura básica de tódalas membranas biolóxicas.

A súa clasificación faise atendendo ó número de unidades de isopreno que forman a molécula. Os máis destacables son:

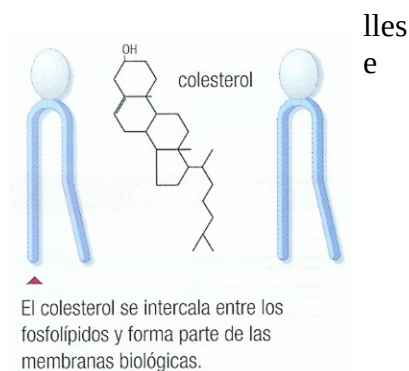
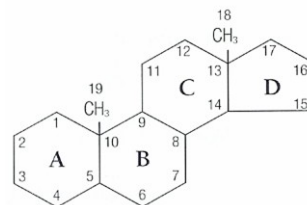
- **Monoterpenos:** formados por dúas unidades de isopreno. Son compoñentes das esencias vexetais (mentol, alcanfor...).
- **Diterpenos:** constituídos por catro unidades de isopreno, atópanse o fitol (compoñente da clorofila) e a vitamina A.
- **Carotenoides:** son tetraterpenos (oito unidades de isopreno). Entre eles destacan os **carotenos** e as **xantofilas** (pigmentos fotosintéticos que completan o espectro de captación da luz). Os carotenos son de cor alaranxada e as xantofilas amarelas.

ESTEROIDES.

Son derivados do hidrocarburo tetracíclico saturado denominado **Esterano** ou **ciclopentanoperhidrofenantreno**. Diferéncianse entre si polo tipo e localización dos seus grupos funcionais substituíntes e pola presenza de dobres enlaces nos aneis.

Entre os esteroides máis importantes están os **Esterois** que se caracterizan por ter un grupo alcohol (-OH) no carbono 3 e unha cadea hidrocarbonada no carbono 17. Destaca entre eles o **Colesterol** que ten as seguintes **funcións biolóxicas:**

- É un compoñente estrutural das membranas celulares, ás que confire estabilidade e fluidez pois situase entre os fosfolípidos fixa a estas moléculas.
- É un precursor doutros moitos esteroides entre os que podemos citar:
 - Ácidos biliares: que durante a dixestión emulsionan as graxas e favorecen a súa posterior absorción no intestino
 - Vitamina D: regula o metabolismo do Ca e P en vertebrados.
 - As hormonas esteroideas:
 - ❖ Hormonas da codia suprarrenal: Cortisol e Aldosterona.
 - ❖ Hormonas sexuais:
 - ✓ Masculinas ou andróxenos: Testosterona
 - ✓ Femininas ou estróxenos: Estradiol e Proxesterona.



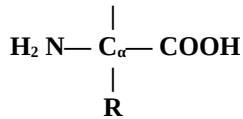
PROTEÍNAS

As proteínas son macromoléculas constituídas por C, H, O, N e tamén poden aparecer aínda que en cantidades menores S, P, Fe e Cu que van a formar a molécula monómero das proteínas, que son os aminoácidos.

2. OS AMINOÁCIDOS (aa).

Son as unidades básicas das cadeas polipeptídicas. Son compostos orgánicos de baixa masa molecular relativa, solubles en auga, que se caracterizan por posuír un **grupo carboxilo (COOH)** e un **grupo amino (NH₂)** unido ó **Carbono** que ocupa a posición **α** (isto é, contiguo ó carbono carboxílico). Unidos tamén a ese **C α** encontrase un **átomo de Hidróxeno** e **unha cadea lateral (R)** de maior ou menor complexidade.

A **fórmula estrutural dos aa** é a seguinte: **H**



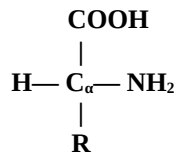
Na constitución das proteínas participan 20 **α-aa** que se van a diferenciar uns doutros na cadea lateral **R**.

2.1. PROPIEDADES DOS AMINOÁCIDOS.

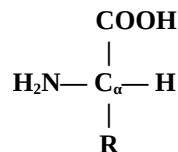
Entre as propiedades dos aminoácidos podemos destacar:

- **Isomería:** Tódolos aminoácidos (salvo a Glicina) posúen un C*, o carbono **α** enlazado a catro radicaís distintos: un grupo amino, un grupo carboxilo, un radical R e un Hidróxeno. Debido a isto aparecen dúas formas estereoisómeras:

➤ Presentan configuración **D** cando o grupo amino esta situado a dereita do carbono **α**:



➤ Presentan configuración **L** cando o grupo amino esta situado a esquerda do carbono **α**:



*Tódolos aa proteicos son L-aminoácidos.

- **Actividade óptica:** Por posuír C* os aa presentan actividade óptica, é dicir, son capaces de desviar o plano de luz polarizada que atravesa unha disolución de aa:
 - Se o desvían á dereita son dextroxiros (+).
 - Se o desvían á esquerda son levoxiros (-).

PÉPTIDOS.

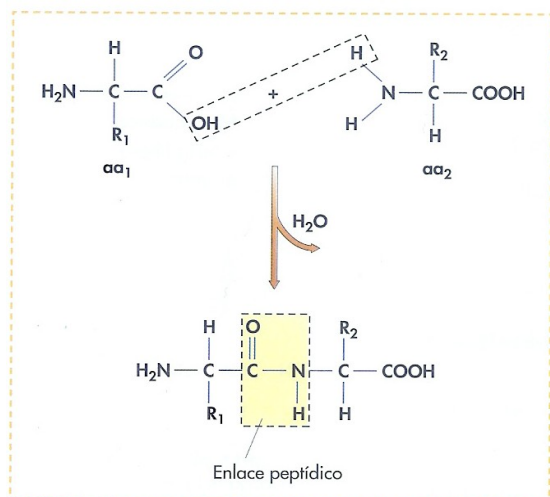
As cadeas formadas pola unión de aminoácidos mediante **enlaces peptídicos** reciben o nome xenérico de **péptidos**.

O resultado da unión de dous aminoácidos é un dipéptido. Tres forman un tripéptido. Unha cadea formada por menos de 10 aminoácidos é un **oligopéptido**; e entre 10 e 100 é un **polipéptido**. As **proteínas** son macromoléculas de máis de 100 aminoácidos, constituídas por unha ou varias **cadeas polipeptídicas**.

O ENLACE PEPTÍDICO.

O enlace peptídico é un enlace **covalente** que resulta da unión entre o grupo carboxilo dun aminoácido e o grupo amino doutro. No establecemento do enlace prodúcese a perda dunha molécula de auga.

A formación do enlace peptídico



No enlace peptídico, o carbono e o nitróxeno sitúanse no mesmo plano, o que proporciona un carácter parcial de dobre enlace, cunha rixidez que non permite movementos de rotación entre estes átomos. É, pois un enlace plano e ríxido.

Os enlaces que unen os outros átomos de carbono (os que pertencen ás cadeas laterais) si poden xirar.

Estas características do enlace peptídico explican que as proteínas adopten formas tridimensionais definidas.

Pode observarse como nas cadeas polipeptídicas aparece un residuo de aminoácido nun extremo da cadea que presenta un grupo amino libre, e no outro un residuo de aminoácido que presenta un grupo carboxilo libre; estes grupos chámanse respectivamente **N-terminal (amino-terminal)** e **C-terminal (carboxi-terminal)**.

PROTEÍNAS.

As proteínas son polipéptidos formados por centenares ou miles de aa. Teñen unha enorme importancia biolóxica, tanto pola súa abundancia (forman o 50% do peso seco celular), como pola diversidade de tipos que existen e a variedade de funcións que realizan.

Algunhas constitúen o armazón estrutural da materia viva e moitas outras cumpren funcións dinámicas, entre as que destacan a enzimática ou biocatalizadora, hormonal, transportadora, inmunolóxica, etc.

Son macromoléculas de peso molecular elevado (superior a 5000 u.m.a.), con estruturas espaciais moi complexas, resultado do pregamento da cadea polipeptídica.

ESTRUTURA DAS PROTEÍNAS.

As proteínas, debido a que presentan varios enlaces que permiten a rotación dos átomos e a que poden establecer enlaces de diverso tipo entre as cadeas laterais (R) poden adoptar estruturas tridimensionais complexas de estabilidade considerable. Cada proteína sofre unha serie de pregamentos ata adoptar unha única disposición espacial denominada **configuración espacial** ou **conformación**, que lle é característica e que determina as súas propiedades e funcións. Na estrutura tridimensional dunha proteína, é dicir, na súa configuración espacial, pódense describir catro niveis distintos, de complexidade crecente, cada un dos cales se constrúe a partir do anterior; son as **estruturas primaria** ou secuencia de aa; a **estrutura secundaria**, que xorde ó formarse pontes de hidróxeno entre aa da cadea; a **estrutura terciaria** ou conformación global da proteína; e a **estrutura cuaternaria** ou disposición das cadeas nas proteínas formadas por máis dun polipéptido.

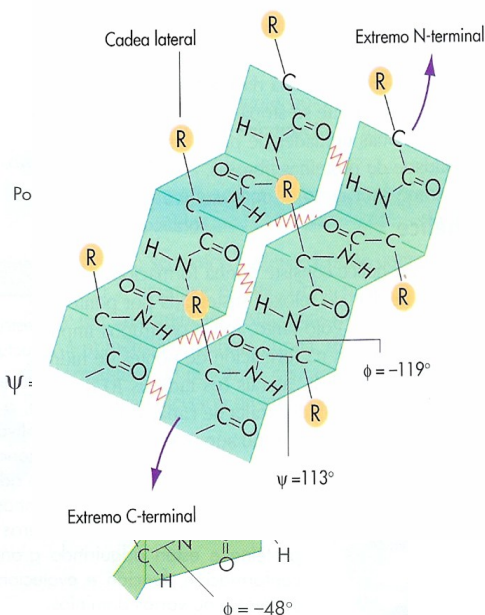
- **ESTRUTURA PRIMARIA.**

Corresponde á secuencia de aa que forman a cadea polipeptídica, é dicir, indica que aminoácidos a constitúen e en que orde se dispoñen na cadea.

A estrutura primaria dunha proteína determina os pregamentos estruturais e a súa función, é dicir, a función depende da forma espacial da proteína e esta, á súa vez, da estrutura primaria ou secuencia de aa.

- **ESTRUTURA SECUNDARIA.**

É a disposición espacial que adopta a secuencia de aa que integran a proteína. Esta estrutura débese á formación de enlaces por pontes de hidróxeno entre os átomos que interveñen nos enlaces peptídicos ($\text{C}=\text{O}$ e $-\text{N}-\text{H}$). Gracias á formación destes enlaces débiles entre os grupos $\text{C}=\text{O}$ e $\text{N}-\text{H}$ de distintos enlaces peptídicos, a cadea pode pregarse de forma regular en estruturas definidas, como son a α -hélice e a lamina β .



A estrutura secundaria non se produce por azar ou capricho, senón que depende da secuencia de aa.

- **α -hélice:** Consiste nunha formación helicoidal dextroxira (no sentido das agullas do reloxo) sustentada por pontes de hidróxeno cada catro aminoácidos. Esta disposición fai que as cadeas laterais (os radicais R) queden situados cara ó exterior da hélice.

- **Lámina β ou folla pregada β :** Os planos dos enlaces peptídicos sucesivos dispóñense en zig-zag, coas cadeas laterais (radicais R) dirixidas alternativamente cara a arriba e cara a abaixo. Tamén é unha disposición mantida por pontes de hidróxeno entre aa máis afastados na cadea e que dan lugar a formas laminares. As cadeas que forman a lámina poden atoparse na mesma dirección na estrutura **paralela** ou en

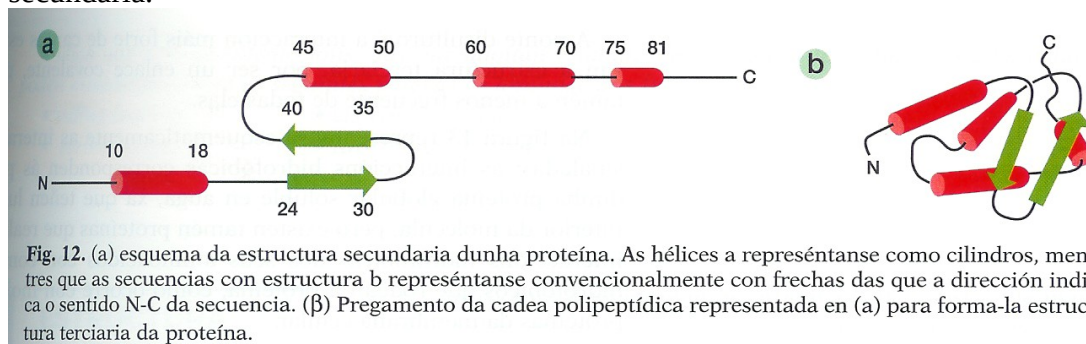
direccións contrarias na estrutura **antiparalela**. A diferenza de na α -hélice, na β -laminar establécense pontes de hidróxeno entre cadeas diferentes ou zonas separadas da mesma cadea.

Que unha proteína adquira unha ou outra estrutura secundaria depende en definitiva da súa secuencia ou estrutura primaria. Unha mesma cadea polipeptídica pode adquirir diferentes estruturas secundarias en diferentes segmentos da mesma.

• ESTRUCTURA TERCIARIA.

É a disposición que adopta no espazo a estrutura secundaria, polo tanto indícanos a configuración tridimensional de toda a molécula. **Esta configuración tridimensional denomínase conformación.**

Os tramos rectos das proteínas con estrutura terciaria presentan estruturas secundarias do tipo α -hélice ou β -laminar, mentres que as zonas de “xiro” (cóbados) non teñen estrutura secundaria.



Pode haber dous tipos de conformación:

- **Conformación globular.** A estrutura secundaria prégame e adopta unha forma tridimensional compacta máis ou menos esférica. As proteínas globulares son solubles e desempeñan funcións dinámicas.
- **Conformación filamentosa.** A estrutura secundaria non se prega; polo tanto, a proteína ten forma alongada. Estas proteínas son insolubles e realizan funcións estruturais.

As conformacións globulares mantéñense estables grazas a existencia de enlaces entre os radicais R dos aminoácidos. Aparecen varios tipos de enlaces:

- Pontes disulfuro: é un enlace covalente que se establece entre os radicais dos aa (Cisteína) que teñen xofre.
- Interaccións débiles non covalentes:
 - ❖ Pontes de hidróxeno
 - ❖ Interaccións electrostáticas
 - ❖ Interaccións hidrofóbicas
 - ❖ Forzas de Van der Waals.

- **ESTRUTURA CUATERNARIA.**

Só se presenta naquelas proteínas que están formadas por **dúas ou máis cadeas polipeptídicas con estrutura terciaria**, idénticas ou non, unidas entre si por enlaces débiles (non covalentes) e pontes disulfuro. Estes enlaces establécense entre as cadeas laterais (R) dos aminoácidos pertencentes a subunidades diferentes.

A conformación final que adquire unha proteína é a máis estable e é a responsable da súa **actividade biolóxica**. Posto que cada estrutura depende da anterior, a conformación da proteína depende da súa estrutura primaria, é dicir, da súa secuencia de aminoácidos. Debido a isto as modificacións da estrutura primaria poden ter como consecuencia unha modificación na configuración espacial da proteína e, polo tanto, poden alterar a súa actividade.

PROPIEDADES DAS PROTEÍNAS.

As propiedades das proteínas dependen principalmente das características das cadeas laterais (R) dos aminoácidos que as compoñen e, polo tanto, da súa capacidade para reaccionar con outros radicais e co medio que as rodea. Poden destacarse:

- **SOLUBILIDADE:** Depende do tamaño e forma da molécula, da disposición dos restos aminoacídicos e do pH do medio.
A maioría das proteínas fibrosas son insolubles en auga, mentres que as globulares son solubles nesta (a excepción das proteínas de membrana). As proteínas globulares teñen unha elevada masa molecular, polo cal, cando se disolven, dan lugar a dispersións coloidais.
- **ESPECIFICIDADE:** A especificidade refírese á función; cada proteína leva a cabo unha función determinada (específica) e realízase porque posúe unha determinada estrutura primaria e unha configuración espacial propia, polo que un cambio na estrutura primaria pode significar unha perda da función.
- **DESNATURALIZACIÓN:** A desnaturalización dunha proteína consiste na perda da súa configuración espacial característica e, como consecuencia, da súa funcionalidade biolóxica, ó ser sometida a condicións ambientais desfavorables, como pH extremos, temperaturas elevadas, presenza de determinadas substancias, etc.

Estes tratamentos non rompen os enlaces covalentes entre os aminoácidos, polo que a estrutura primaria se conserva, pero si rompen os enlaces máis débiles que manteñen as estruturas secundaria, terciaria e cuaternaria. A consecuencia máis importante da desnaturalización é que as proteínas perden a súa actividade biolóxica, xa que esta depende da súa configuración espacial ou conformación.

Se as condicións ambientais que provocan a desnaturalización duran pouco ou son pouco intensas, esta é temporal e **reversible**, cando cesan as condicións desfavorables a proteína pregase de novo e adopta a súa configuración orixinal. Este proceso denomínase **renaturalización**. Se os cambios son moi intensos e persistentes, a proteína xa non pode recuperar a súa configuración e a desnaturalización é **irreversible**.

A perda da actividade biolóxica por desnaturalización dunha proteína indica que non é a secuencia de aa senón a conformación da proteína a que determina esta, xa que a estrutura primaria se conserva despois da desnaturalización. Sen embargo débese ter en conta que é a secuencia de aa a que determina a conformación da proteína, xa que dela dependen as interaccións que se producen entre os distintos aa e que conducen ó pregamento da proteína.

- **CAPACIDADE AMORTECEDORA:** As proteínas están constituídas por aminoácidos, e por iso tamén teñen un comportamento **anfótero**, e dicir, poden comportarse como un ácido, liberando protóns (H^+), ou ben como unha base, aceptando protóns. Debido a iso as proteínas disoltas tenden a neutralizar as variacións de pH do medio, e dicir, son **disolucións tampón** ou **amortecedoras**.

FUNCIÓNS.

Practicamente non existe función biolóxica na que non estea implicada algunha proteína. Esta **variedade** funcional esta acompañada por unha gran **especificidade**: cada proteína realiza unha función determinada e específica que depende da súa estrutura.

Os principais tipos de funcións que desempeñan as proteínas son:

- **Acción enzimática:** Os enzimas son proteínas que catalizan (posibilitan, aceleran) case todas as reaccións químicas que teñen lugar nas células. Por iso se denominan **biocatalizadores**. Un exemplo é a enzima Rubisco que intervéen na fotosíntese
- **Transporte:** Ademais das permeasas que regulan o paso de moléculas a través da membrana celular, existen numerosas proteínas que transportan substancias a nivel pluricelular, como por exemplo os pigmentos respiratorios (hemoglobina, hemocianina...) e as lipoproteínas.
- **Movemento e contracción:** Como a actina e a miosina, que interveñen na contracción das fibras musculares.
- **Inmunidade e defensa:** As inmunoglobulinas (anticorpos) son proteínas de defensa específicas. Outras como a trombina e o fibrinóxeno interveñen na coagulación do sangue nas feridas.
- **Estrutural:** Tanto a nivel celular (as proteínas forman parte da membrana plasmática, constitúen os cilios e flaxelos e serven de soporte ao ADN) como histolóxico (as queratinas que forman estruturas dérmicas, o coláxeno...).
- **Nutrición e reserva:** As albuminas do sangue e do ovo, a caseína do leite son fontes de compoñentes aminoácidos.
- **Regulación hormonal:** Algunhas hormonas, como a insulina (segregada polo páncreas), tiroxina (tiroides), hormona do crecemento (hipófise) son proteínas.
- **Recepción e transmisión de sinais:** Certas proteínas de membrana son receptores de hormonas ou outras moléculas sinal.

ÁCIDOS NUCLEICOS

INTRODUCCIÓN.

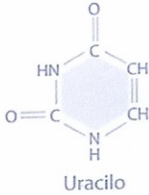
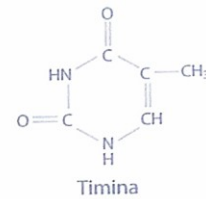
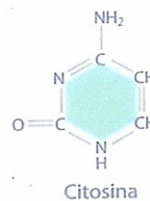
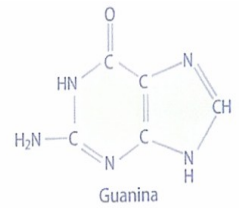
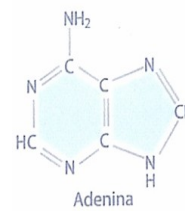
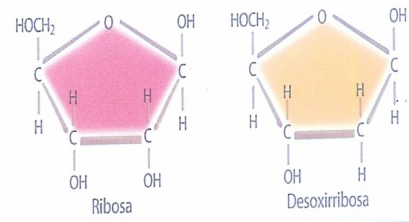
Os ácidos nucleicos son compostos químicos formados por C, H, O, N e P. Son macromoléculas fundamentais para o mantemento da vida pois neles radica a información hereditaria e interveñen nos procesos de síntese de proteínas, esencialmente enzimáticas, que regulan o metabolismo. Son polímeros formados por unión mediante enlace covalentes de tipo éster fosfórico entre unhas moléculas básicas denominadas nucleótidos.

Existen dous tipos de ácidos nucleicos: ácido desoxirribonucleico (ADN) e ácido ribonucleico (ARN).

COMPONENTES DOS ÁCIDOS NUCLEICOS.

Os **Ácidos Nucleicos** son macromoléculas orgánicas formadas pola repetición dunha molécula unidade que é o **Nucleótido**, o cal a súa vez esta formado por (por hidrólise pódense separar tres compoñentes):

- **Pentosa :**
 - Ribosa (β -D Ribofuranosa)
 - Desoxirribosa (β -D 2Desoxirribofuranosa)
- **Bases nitroxenadas:** son compostos heterocíclicos con átomos de nitróxeno no anel, e poden ser de dous tipos:
 - **Bases púricas:** derivadas da purina, son a **Adenina (A)** e a **Guanina (G)**, presentes tanto no ADN como no ARN.
 - **Bases pirimidínicas:** derivadas da pirimidina, son a **Citosina (C)** presente no ADN e ARN, a **Timina (T)** exclusiva do ADN e o **Uracilo (U)** exclusivo do ARN.

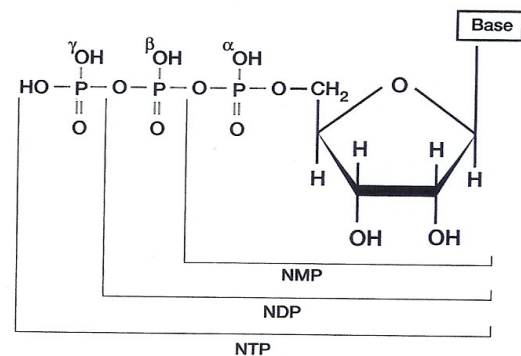
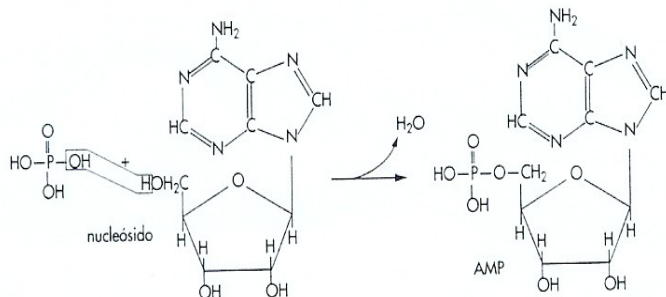


- **Ácido fosfórico:** H_3PO_4

A unión entre unha pentosa e unha base nitroxenada forma un **Nucleósido**, mentres que a unión dun nucleósido con moléculas de ácido fosfórico forma un **Nucleótido**, e a unión de varios nucleótidos da lugar a un **Ácido Nucleico** (que son polo tanto polímeros de nucleótidos).

NUCLEÓTIDOS.

Son compostos resultantes da unión entre un **nucleósido** e moléculas de **ácido fosfórico**. A unión é un enlace **éster fosfórico** entre a pentosa e o ácido fosfórico; o máis xeral é que o enlace éster se realice co grupo alcohol do carbono 5' da pentosa.



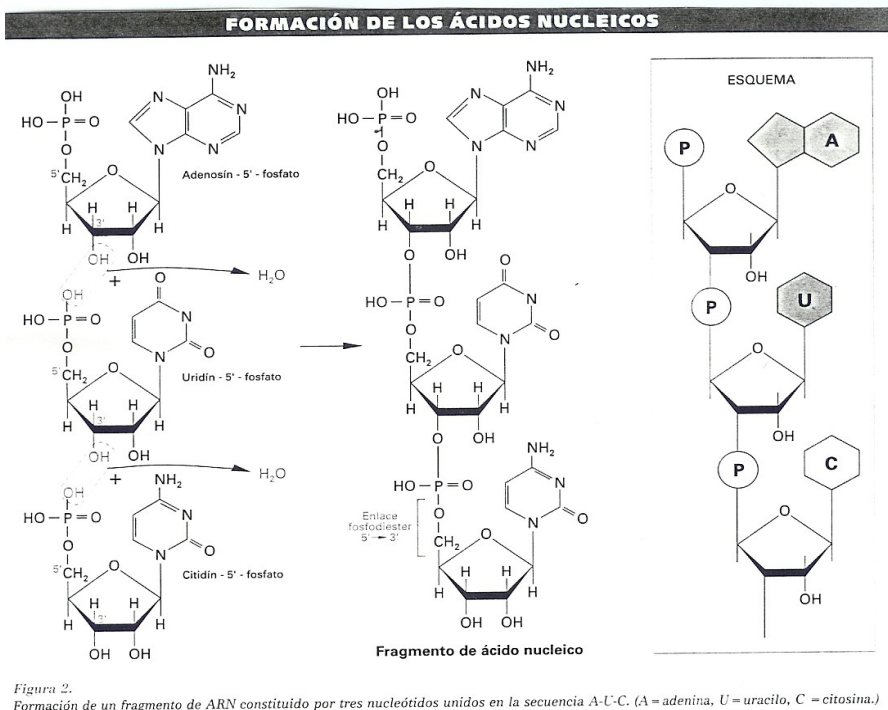
Un nucleótido pode ter unha, dúas ou tres moléculas de ácido fosfórico enlazados o carbono 5' da pentosa, por iso ó nomealos faise referencia ó numero de fosfatos presentes.

NUCLEÓTIDOS DE INTERESE BIOLÓXICO.

Os polímeros de nucleótidos son os ácidos nucleicos que permiten conservar, reproducir e expresar a información xenética; pero tamén se encontraran na célula nucleótidos libres que desempeñan diversas funcións. Entre eles podemos citar o NAD (coenzima de oxidación-redución) e o ATP (intermediario enerxético do metabolismo celular).

ÁCIDOS NUCLEICOS.

Os Ácidos Nucleicos son polinucleótidos (polímeros de nucleótidos). A unión entre os nucleótidos establece mediante **enlaces fosfodiéster 5'-3'**, é dicir os nucleótidos únense a través do radical fosfato que se une por un lado ó carbono 3' da pentosa dun nucleótido e polo outro ó carbono 5' da pentosa doutro nucleótido.



CLASIFICACIÓN E DIFERENCIACIÓN DOS ÁCIDOS NUCLEICOS.

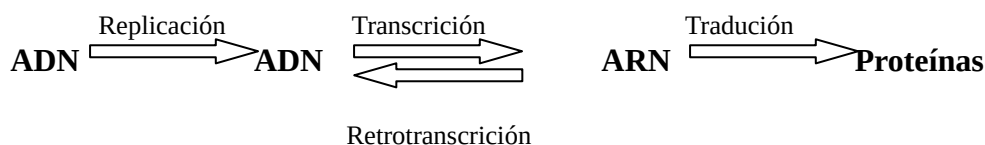
Distínguense dous tipos de Ácidos Nucleicos:

- Os constituídos por cadeas de desoxirribonucleótidos ou **Ácidos Desoxirribonucleicos, ADN** (en inglés **DNA**) que contén como pentosa a desoxirribosa e as súas bases nitroxenadas son a adenina, a timina, a citosina e a guanina.
- Os constituídos por unidades de ribonucleótidos, **Ácidos Ribonucleicos, ARN** (en inglés **RNA**) que contén como pentosa a ribosa e como bases nitroxenadas a adenina, o uracilo, a citosina e a guanina.

Ademais de diferir no tipo de pentosa e bases nitroxenadas o ADN e o ARN presentan outras diferencias químicas estruturais que se resumen na seguinte táboa:

	ADN	ARN
Pentosa	Desoxirribosa	Ribosa
Base nitrogenada	A, T, G, C	A, U, G, C
Lonxitude da cadea	Xeralmente máis longas	Xeralmente máis curtas
Tipo de molécula (Estrutura)	Xeralmente cadea dobre (bicatenario) coas bases nitrogenadas enfrontadas, a A fronte á T e a C fronte á G	Xeralmente cadea sinxela (monocatenario), aínda que pode sufrir pregamentos que fagan que nalgún tramo se enfronten as bases nitrogenadas, a A fronte ó U e a C fronte á G
Localización na célula	No núcleo celular, sendo o compoñente principal dos cromosomas; en mitocondrias e cloroplastos	No núcleo, disperso no zume nuclear ou concentrado nos nucléolos, e no citoplasma, disperso no citosol ou concentrado nos ribosomas
Estabilidade	Máis estable, debido o enrolamento da molécula formando a dobre hélice	Menos estable, pois as súas moléculas non alcanzan graos de organización tan compactos como a dobre hélice
Función	É o portador da información xenética	É un intermediario na síntese de proteínas (copia a información do ADN para que despois teña lugar a síntese de proteínas)

FUNCÍONS BIOLÓXICAS DOS ÁCIDOS NUCLEICOS.



O ADN é o portador da información xenética. É polo tanto unha molécula que almacena a información que se transmite dunha célula a outra de xeración en xeración. Para iso ha de duplicarse transmitindo a mesma mensaxe nas dúas copias. A este proceso chámasele **Replicación** ou **Duplicación**.

A mensaxe xenética contida no ADN é a especificación das proteínas que debe sintetizar a célula. Desde a mensaxe do ADN ata as moléculas de proteínas pasase por dous procesos:

- **Transcrición**, que consiste en que a mensaxe dun fragmento de ADN é copiado (transcrito) nunha molécula de ARN que conteña a mesma mensaxe xenética có correspondente fragmento de ADN.
- **Tradución**, que consiste na síntese da proteína especificada pola mensaxe do ADN seguíndose as instrucións do ARN. Para que se leve a cabo a tradución deben intervir tres tipos de ARN:
 - **ARN mensaxeiro (mRNA)** que indica os aminoácidos que vai ter unha proteína, pois reproduce a mensaxe xenética dun anaco de ADN (xen).

- **ARN transferinte (tRNA)**, que transporta os aminoácidos ata os ribosomas durante a tradución.
- **ARN ribosómico (rRNA)**, que forma parte dos ribosomas e polo tanto constitúe o orgánulo onde se realiza a tradución.

O ADN. ESTRUCTURA DO ADN.

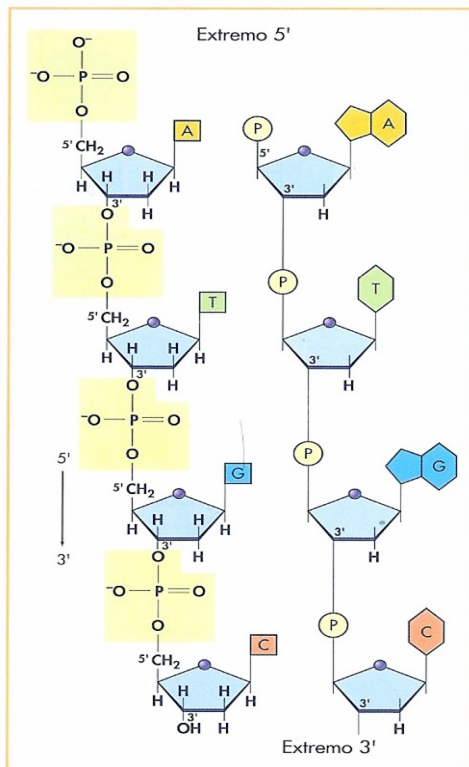
O Ácido Desoxirribonucleico ou **ADN** esta constituído por dúas cadeas de nucleótidos enroladas formando unha dobre hélice. Cada cadea esta formada por un polímero de desoxirribonucleótidos de A, T, C, G que se unen entre si mediante enlaces fosfodiéster no sentido 5' → 3'. Son polímeros de elevado peso molecular.

Nas células eucariotas, o ADN encontrase principalmente no núcleo pero tamén en mitocondrias e cloroplastos. É o portador da información xenética que será transmitida de xeración en xeración.

ESTRUTURA DO ADN

O ADN presenta diferentes rangos de complexidade estrutural e pódense distinguir tres niveis estruturais:

A estrutura primaria do ADN



- **Estrutura Primaria:** ou secuencia de desoxirribonucleótidos (ou o que é o mesmo, a secuencia de bases nitrogenadas) dunha soa cadea unidos entre si por enlaces fosfodiéster. O enlace fosfodiéster fórmase entre o grupo fosfato situado no carbono 5' dun nucleótido e o grupo hidroxilo do carbono 3' do seguinte nucleótido. Polo tanto, unha cadea de ADN presenta dous extremos libres: o 5', unido ao grupo fosfato, e o extremo 3' unido ao grupo hidroxilo. Cada especie posúe unha secuencia de bases característica e diferente. Incluso entre organismos da mesma especie hai diferencias individuais.
- **Estrutura Secundaria** ou **dobre hélice**.
- **Estrutura Terciaria** ou ADN superenrolado (Cromatina).

A DOBRE HÉLICE

A estrutura secundaria do ADN foi determinada en 1953 por **Rosalind FRANKLIN**, **James WATSON** e **Francis CRICK**.

O ADN ten tantas moléculas de adenina (A) como de timina (T), e tantas de citosina (C) como de guanina (G). Ao realizar análises sobre a composición química do ADN o químico **Edwin Chargaff**,

obtivo os seguintes resultados coñecidos como regra de Chargaff:

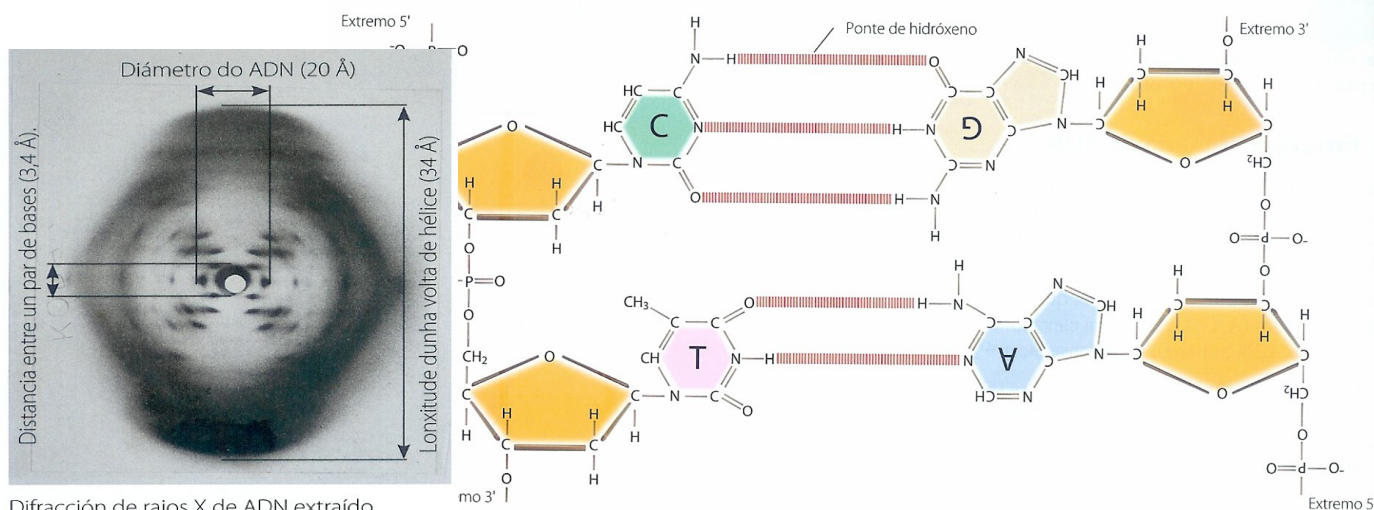
nº moléculas de adenina/ nº moléculas de timina = 1

nº moléculas de citosina/ nº moléculas de guanina = 1

Esta relación, A=T, G=C, denomínase **principio de equivalencia de bases**, ou o que é o mesmo, a suma de bases purínicas (A + G) é igual á suma de bases pirimidínicas (T + C).

Isto implicaba que as pontes de hidróxeno se establecían entre as adeninas (A) e as timinas (T) e, por outro lado, entre as citosinas (C) e as guaninas (G) e, polo tanto, existía unha **complementariedade entre as bases**. Debido ás características destas moléculas, entre as bases complementarias adenina (A) e timina (T) establécense dúas pontes de hidróxeno, e entre as bases complementarias citosina (C) e guanina (G), tres pontes de hidróxeno.

Disposición das pontes de hidróxeno entre bases complementarias



Difracción de raios X de ADN extraído do núcleo de células do timo de vitela. Os raios X saíntes impresionan unha placa fotográfica, dando lugar a un debuxo de puntos no cal se pode medir as desviacións experimentadas polos raios. Desta forma pódense deducir as distancias entre os átomos dunha molécula e, polo tanto, a súa estrutura espacial.

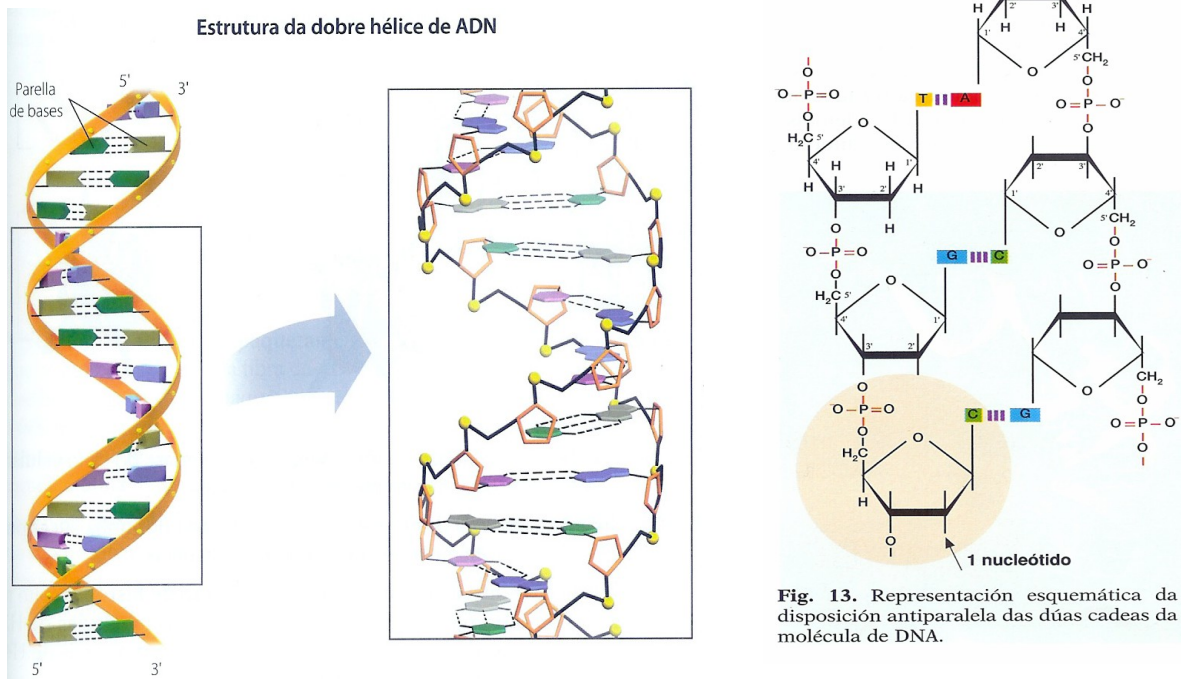
A estrutura secundaria do ADN está constituída por **dúas cadeas de polinucleótidos** enroladas ó redor dun eixo imaxinario común a ambas orixinando unha **dobre hélice** de 20 nm de diámetro. O enrolamento é **dextroxiro**, é dicir cara á dereita.

As cadeas son **complementarias**, non iguais, posto que a secuencia é distinta. Son **opostas** porque as bases enfróntanse entre si, e son **antiparalelas** porque unha situase en sentido (5' → 3') e a outra en sentido (3' → 5').

As bases nitroxenadas dispóñense cara ó interior e os fosfatos cara ó exterior.

As bases complementarias están emparelladas mediante pontes de hidróxeno que unen as dúas cadeas.

Cada volta completa da dobre hélice esta formada por 10 pares de nucleótidos, a lonxitude da volta é de 3,4 nm e cada parella de nucleótidos esta a unha distancia de 0,34 nm da seguinte.



A información xenética estaría na secuencia de bases nitroxenadas. A pesar de estar formado por pares A-T e G-C, o número de secuencias posibles é, polo tanto, a diversidade da información almacenada é practicamente infinita, e a duplicación sería doada, posto que, ó seren as cadeas de nucleótidos complementarias, se estas se separan cada unha pode servir de molde para a síntese dunha nova cadea complementaria. Ademais calquera cambio na secuencia de bases ou **Mutación** altera a información xenética e pode transmitirse á descendencia.

DESNATURALIZACIÓN E RENATURALIZACIÓN DO ADN

A **Desnaturalización** consiste na separación das dúas cadeas do ADN por ruptura das pontes de hidróxeno entre as bases enfrontadas. Isto conséguese fora do medio celular por quencemento.

A desnaturalización é un fenómeno reversible, é dicir, as dúas cadeas vólvense unir e formar a dobre hélice en canto descende a temperatura. Esta restauración da dobre hélice é o que se chama **Renaturalización**.

O ARN. TIPOS DE ARN.

É unha macromolécula formada pola unión de **ribonucleótidos de A, U, G e C** mediante enlaces **fosfodiéster 5' → 3'**. A maioría dos ARN son monocatenarios, sen ben algúns tipos como o tRNA presentan zonas con estrutura de dobre hélice. Segundo a función que desempeñen poden distinguirse diferentes tipos de ARN:

- **mRNA (ARN mensaxeiro):** monocatenario lineal que é responsable do traslado da información xenética do ADN ó citoplasma para a síntese de proteínas. A súa secuencia de bases é complementaria dun fragmento (xene) do ADN.
- **rRNA (ARN ribosómico):** Está formado por unha soa cadea (monocatenario) con numerosos pregamentos e rexións nas que aparecen as bases nitroxenadas enfrontadas (A-U, G-C). Encóntrase asociado a proteínas formando os ribosomas, estruturas encargadas da “tradución” da secuencia de nucleótidos do mRNA en determinada secuencia de aminoácidos.

- **tRNA (ARN de transferencia).** A súa función é transportar aminoácidos específicos ata os ribosomas, onde segundo a secuencia especificada polo mRNA (copiada a súa vez do ADN) se sintetizan as proteínas.
Ten unha estrutura disposta en “**folla de trevo**” na que cabe destacar :

A estrutura do ARN transferente

