

Tema 23. La base química de la vida: componentes inorgánicos y orgánicos. El agua y las sales minerales. Los glúcidos y los lípidos. Su biosíntesis.

Se explica en los siguientes cursos:

2º Bach. La célula y la base físico-química de la vida
--

SUMARIO

23.1. Introducción

23.2. Elementos biogénicos o bioelementos.

23.3. Las Biomoléculas o principios inmediatos:

23.4. Los principios inmediatos inorgánicos:

23.4.1. El agua y las sales minerales:

23.4.3. El estado líquido de la materia viva (OPCIONAL)

23.5. Los glúcidos. Composición química.

23.5.1. Clasificación de los glúcidos según su estructura.

23.5.2. Estructura y propiedades de los principales glúcidos:

23.5.3. Funciones de los Glúcidos.

23.6. Composición química y clasificación de los lípidos

23.6.1. Principales tipos de lípidos:

23.6.2. Propiedades de los lípidos

23.7. El Anabolismo:

23.7.1. Biosíntesis de glúcidos. Glugogénesis y Glucogenogénesis.

23.1. Introducción

Cuando estudiamos las moléculas que constituyen los seres vivos, observamos que están constituidas por unos setenta elementos químicos diferentes, denominados **bioelementos o elementos biogénicos**. Sorprende que todos ellos se encuentran también en compuestos minerales, por lo que no existen elementos químicos exclusivos de los seres vivos, pues éstos se originaron a partir de sustancias existentes en la corteza terrestre (ver tema 22) y existe un constante intercambio de sus componentes con ella.

Los elementos biogénicos se unen para formar moléculas constituyentes de los seres vivos. Estas **biomoléculas** pueden ser inorgánicas y orgánicas, y de sus características y funciones depende toda la actividad vital.

Una molécula inorgánica, el **agua**, es la más abundante en todos los organismos. Sus especiales propiedades hacen de ella el medio idóneo donde las demás moléculas se disuelven y reaccionan. Otras moléculas inorgánicas, las sales minerales, aunque presentes en menor proporción, desempeñan funciones muy importantes manteniendo la estabilidad de las moléculas orgánicas y como reguladoras de procesos nerviosos, musculares, etc.

Los **glúcidos** (polihidroxialdehídos o polihidroxicetonas) desempeñan, fundamentalmente, un papel energético en los seres vivos, si bien pueden presentar otras funciones. En este grupo también se incluyen algunas moléculas derivadas, con grupos amino, carboxilo, etc.

Los **lípidos**, a diferencia de los glúcidos, no constituyen un grupo químico homogéneo; lo que les reúne en un solo grupo son algunas de sus propiedades físicas (insolubilidad en agua). Su variedad va pareja con la función biológica que desempeñan: función estructural (membranas), energéticas, hormonal, vitamínica, etc.

23.2. Elementos biogénicos o bioelementos.

Si comparamos la proporción relativa en que se encuentran los bioelementos y los elementos que existen en la corteza terrestre, podemos observar algunas diferencias. Los que se encuentran en mayor proporción en ella son: O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K y Mg. De éstos sólo el O abunda entre los seres vivos, los demás aparecen en bajas concentraciones (algunos como el Si, Al o Fe son muy escasos). Por el contrario abundan en los seres vivos elementos como: H, C, N, P y S, muy poco frecuentes en la corteza.

Las causas de este desigual reparto son las propiedades que hacen a los bioelementos idóneos para formar biomoléculas:

- a) **Masa atómica pequeña** y capas electrónicas externas incompletas, lo que les permite formar enlaces para dar compuestos estables capaces de constituir estructuras biológicas, o de intervenir en reacciones metabólicas.

Por ejemplo: El C tiene cuatro orbitales con orbitales desapareados. Estos orbitales se disponen espacialmente, dirigidos hacia los vértices de un hipotético tetraedro cuyo centro ocuparía el núcleo del átomo. La existencia de los 4 e⁻ desapareados le permite formar enlaces covalentes con otros átomos, bien de C o bien de otros elementos.

La formación de cadenas lineales o cíclicas de átomos de C son la base estructural de la práctica totalidad de las moléculas orgánicas, fundamental en muchos compuestos biológicos (lípidos, proteínas, etc.)¹

- b) **Polaridad**. Lo que les permite ser solubles en agua, en el seno de la cual suceden los procesos metabólicos. Según se ve en el Tema 22 la vida surgió, al parecer, en los mares primitivos; por lo que hubo una selección previa de todas las moléculas disponibles.

¹ El Si (más abundante) no puede formar enlaces Si-Si-, si no que forma enlaces Si-O-Si, muy estables por lo que no pueden ser rotos con facilidad en reacciones metabólicas.

- c) Su **fácil incorporación** desde la biosfera. Dado que en la actividad vital hay un continuo intercambio de materia y energía con el medio ambiente.

CLASIFICACIÓN DE LOS BIOELEMENTOS

De los 70 bioelementos, sólo 25 aparecen en todos los seres vivos. Se clasifican en función de su abundancia en los compuestos biológicos.

- **Macroelementos** o elementos mayoritarios. Los llamados primarios (C, H, O, N, P, S), representan el 99 % del total ya que son los componentes básicos de todas las moléculas orgánicas). Los secundarios (Na, K, Ca, Mg, Cl) son también imprescindibles en todos los seres vivos.
- **Oligoelementos** o elementos vestigiales. Se encuentran en cantidades muy bajas (menores del 0'1 %); desempeñan funciones reguladoras, fisiológicas y metabólicas. Aunque imprescindibles para la vida, no todos los seres vivos tienen los mismos. Los más universales son: Fe, Cu, Zn, Mn, I, Ni y Co. Otros (B, Mo, Si, F, Cr, Li, Al, etc.) sólo se encuentran en algunos tipos de organismos.

Otra clasificación:

- Bioelementos 1º: C, H, O, N. Algunos autores no incluyen al S otros sí. Suponen el 95 % de materia viva.
- Bioelementos 2º: S, P, Mg, Ca, Na, K y Cl. 4'5 %.
- Oligoelementos (algunos autores los incluyen dentro de los secundarios): 14 esenciales: Fe, Zn, B, Mn, F, Cu, Y, Cr, Se, V, Co, Mo, Si y Sn.

Ventajas de los Bioelementos primarios:

- Variabilidad de valencias, lo que permite el establecimiento de un alto nº de combinaciones entre ellos. Son capaces de formar enlaces covalentes estables.
- Los átomos de C establecen con facilidad enlaces dobles y triples con otros átomos de C y con otros Bioelementos, dando lugar a numerosos grupos funcionales que, al reaccionar entre sí, pueden formar otras moléculas.
- Los enlaces C-C son estables, forman largas y variadas cadenas carbonadas.
- Los bioelementos originan compuestos generalmente polares, lo que facilita su disolución en el agua.

23.3. Las Biomoléculas o principios inmediatos:

Toman el nombre por poderse extraer de la materia viva por medios físicos: filtración, decantación, destilación, centrifugación, etc.

Los constituyentes químicos de los seres vivos no son los átomos, sino las moléculas formadas por la unión de varios o muchos de ellos. Estas biomoléculas que encontramos en los seres vivos se pueden extraer y separar por técnicas físicas (filtración, centrifugación, cromatografía, etc.). Todos los seres vivos poseemos los mismos tipos de biomoléculas:

Biomoléculas inorgánicas: Agua y sales minerales.

Biomoléculas orgánicas: Glúcidos, lípidos, Proteínas y ácidos nucleicos.

23.4. Los principios inmediatos inorgánicos:

23.4.1. El agua:

Cada molécula de agua es potencialmente capaz de unirse mediante enlaces de hidrógeno (30 veces más débil que el covalente) con otras 4 moléculas de agua, lo que permite que se forme una estructura de tipo reticular. (La vida media de cada uno de estos enlaces es de entre 10^{-8} y 10^{-10} segundos), aunque su estabilidad disminuye al aumentar la t° . En el hielo todas las moléculas se hallan unidas mediante enlaces de hidrógeno.

En el agua líquida cada molécula está unida a 3'6 moléculas de media (nº de coordinación), por lo que su estructura reticular se mantiene. Sin embargo, los huecos de la red son ocupados por moléculas de agua libres, de ahí que su densidad sea mayor que la del agua sólida.

Ya nos referimos a su importancia, así como a que en su seno apareció y evolucionó la vida (tema 22). Existe un constante recambio del agua presente en el organismo vivo, manteniéndose un equilibrio entre ganancia y pérdidas.

Supone entre el 70 y el 90 % del peso de un ser vivo, aunque puede encontrarse en mayores proporciones (algas, medusas). La cantidad de agua depende:

- de la especie, ya que en general las especies acuáticas poseen más cantidad que las terrestres.
- edad, los individuos jóvenes poseen más abundancia que los adultos.
- órgano y tejido y que cuanto mayor sea la actividad metabólica más abundará. La dentina de los dientes sólo posee un 3 %, el tejido adiposo no sobrepasa el 20 % (menos que el hueso).

LOCALIZACIÓN

El agua se puede encontrar bajo distintas formas:

- Intracelular supone unos 2/3 del agua presente;
- Extracelular, a su vez está constituida por el agua intersticial (entre los tejidos), y por el agua circulante (sangre, savia, etc.)

PROPIEDADES:

La extraordinaria importancia del agua en los seres vivos es consecuencia de las importantes funciones que realiza, las cuales se derivan de sus propiedades. Éstas son:

Polaridad y Constante dieléctrica, al ser el agua una molécula dipolar, se integra entre los compuestos iónicos disminuyendo considerablemente la fuerza de atracción entre los iones, separándolos y, por tanto, disolviéndolos.

A mayor valor de la constante dieléctrica se impedirá, con mayor fuerza, la unión de aniones y cationes. La constante dieléctrica del agua a 20°C, es de 80.

Por otra parte el agua puede formar puentes de hidrógeno con moléculas no iónicas, pero que poseen grupos polares, favoreciendo también su disolución (ejemplo la disolución de biomoléculas).

Por lo tanto, dado que es imprescindible para que suceda una reacción química, el que los reactivos se encuentren disueltos, es evidente que el agua, al permitir la disolución de los compuestos biológicos, es el medio idóneo para que transcurran las reacciones metabólicas características de la actividad vital.

Se denomina **agua metabólica** a la que se obtiene mediante estas reacciones metabólicas y supone una importante cantidad de la que precisa un ser vivo, aunque no llega a cubrir todas sus necesidades (grasa de la joroba de los camellos).

Elevado Calor específico, consecuencia de la formación de enlaces de puente de H entre las moléculas. Al comunicar una cierta cantidad de calor, la t° se eleva poco y, de la misma forma, al enfriarse la t° desciende más lentamente que en otros líquidos. Esto permite al agua actuar como **amortiguador térmico**, manteniendo la t° del organismo relativamente constante, a pesar de las fluctuaciones ambientales.

Elevado calor de vaporización. Para que el agua se evapore hay que suministrarle gran cantidad de energía ya que hay que romper los enlaces de puente de H que hay entre sus moléculas cuando está en fase líquida. Esta propiedad también participa en el proceso de amortiguación térmica, ya que se consigue una disminución de la t° de un organismo al perder una cantidad de calor que se emplea en la evaporación del agua (sudar).

Líquida a t° ambiente, ya que los puentes de H mantienen unidas las moléculas entre sí a una t° en la que otras moléculas, químicamente comparables, como H_2O o el NH_3 , son gases. Como consecuencia se emplea como medio fluido de transporte y como medio lubricante en órganos en movimiento.

Elevado grado de cohesión entre sus moléculas, también debido a los puentes de H, esta propiedad es la causa de la capilaridad, que permite la ascensión del agua a través de tubos de escaso \varnothing (ascenso de la savia bruta). Gran fuerza de adhesión.

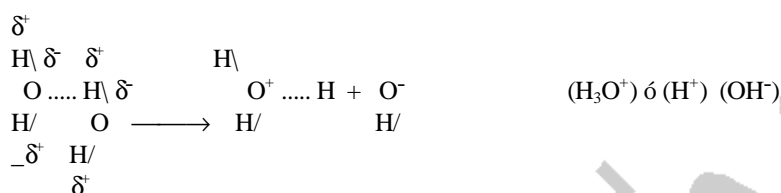
Esta propiedad deriva de la tendencia a formar enlaces de hidrógeno entre las moléculas de agua (cohesión) y de éstas con otras moléculas polares (adhesión), lo que hace al agua responsable de todos los fenómenos relacionados con la capilaridad.

Elevada tensión superficial, esta propiedad permite deformaciones del citoplasma celular, causa de los movimientos internos de la célula.

Esqueleto hidrostático por ser un líquido prácticamente incompresible, puede actuar como esqueleto hidrostático en vegetales y animales inferiores (anélidos, nemátodos, etc.)

GRADO DE IONIZACIÓN.

Una pequeña parte de las moléculas de agua pueden ionizarse al unirse a un átomo de una molécula al oxígeno de otra molécula, rompiendo su unión con la primera



En el agua destilada la proporción de moléculas ionizadas es muy baja a 25 °C $[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$ (**producto iónico del agua**)

ACIDEZ Y ALCALINIDAD.

Al disolver un ácido en agua, aumenta la $[H^+]$; por el contrario, las bases captan los H^+ del medio. Según el producto iónico del agua, si aumenta la concentración de uno de los iones, disminuye la del otro. Para describir la abundancia relativa de los iones en la disolución se emplea el término **pH** cuya escala varía entre 1 y 14, correspondiendo el valor 7 a la neutralidad.

En los seres vivos existen disoluciones con un pH determinado, casi siempre próximo a la neutralidad, que debe permanecer constante para evitar la desnaturalización de proteínas (tema 24) y otras moléculas.

23.4.2. Las sales minerales.

Se trata de moléculas inorgánicas que habitualmente se encuentran disueltas, aunque también pueden aparecer precipitadas (insolubles).

Las sales disueltas están formadas por iones. Los cationes más importantes son: Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Fe^{++} y Fe^{3+} . Pueden encontrarse libremente disueltos o asociados a proteínas. Los aniones más comunes son: Cl^- , $CO_3^{=}$, HCO_3^- , $PO_4^{=}$, HPO_4^- , $H_2PO_4^-$ y $SO_4^{=}$.

Las sales que aparecen precipitadas, son componentes fundamentales de órganos de sostén y protección, como el esqueleto interno de los vertebrados o el caparazón de los moluscos, o aparecen en el interior de determinadas células vegetales (cristales de oxalato cálcico).

FUNCIONES: además de las esqueléticas ya citadas

1. Mantenimiento del grado de concentración salina adecuado, en los medios biológicos.

Todos los medios líquidos biológicos, desde el citoplasma celular hasta la sangre o las savias, pasando por el plasma intersticial, son disoluciones salinas en las que se producen fenómenos de gran repercusión en la estabilidad celular (**fenómenos osmóticos u ósmosis y la diálisis**). Dada la extensión del tema sólo comentaremos algunos aspectos de ambos procesos.

ÓSMOSIS. Separando dos disoluciones de distinta concentración por una membrana semipermeable (sólo puede ser atravesada por el agua), el agua circula desde las más diluida (hipotónica o hipoosmótica) a la más concentrada (hipertónica o hiperosmótica) hasta que ambas concentraciones se igualan (isotónicas o isoosmóticas).

La presión que deberíamos aplicar, para evitar el paso del agua, se denomina **presión osmótica**, y es tanto o más elevada cuanto mayor sea la diferencia de las concentraciones de ambas disoluciones. Esta situación se da, a menudo, en la célula ya que su membrana se comporta como semipermeable provocando situaciones de plasmólisis (salida de agua del interior de la célula al ser ésta hipotónica con el medio que la rodea) o de turgencia (entrada de agua a la célula al ser hiperosmótica). La turgencia extrema en los glóbulos rojos podría ocasionar su hemólisis, por eso los sueros fisiológicos y medicamentos intravenosos deben ser isoosmóticos con el plasma sanguíneo.

DIÁLISIS. Se produce si la membrana que separa dos soluciones deja pasar, además del agua, los solutos de menor tamaño. De esta forma se pueden separar las moléculas de menor peso molecular, pasando de la disolución de mayor concentración hasta la de menor concentración.

La diálisis se emplea en medicina como método para purificar la sangre, bien en el caso de envenenamiento, o bien cuando el riñón no puede realizar correctamente su función (hemodiálisis).

2. Acción reguladora del pH

En las reacciones metabólicas se liberan sustancias, fundamentalmente ácidas, que modifican el pH; por ello es necesario algún sistema para amortiguar estas variaciones (soluciones amortiguadoras, sistemas tampón o "buffer"). Estas soluciones amortiguadoras están constituidas por un ácido débil y su base conjugada, que actúan como dadores o como receptores de H^+ , por lo que compensan su déficit o el exceso.

Entre los sistemas tampón biológicos cabe citar: $HPO_4^{2-} \rightleftharpoons H_2PO_4^- + H^+$ (tampón intracelular); y el sistema $H_2CO_3 \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+$ (tampón extracelular) que tiene la ventaja de que el H_2CO_3 se encuentra en equilibrio con el CO_2 ($H_2CO_3 \rightleftharpoons CO_2 + H_2O$), por lo que un aumento de la $[H^+]$ provocaría la formación de ácido carbónico, dando éste lugar a una mayor producción de CO_2 , que será expulsado por vía respiratoria; tras sustancias con cierta acción amortiguadora son las proteínas.

3. Acción específica de cada catión

Los diferentes cationes tienen funciones particulares en multitud de procesos biológicos. Por ejemplo:

- ☐ **Na⁺**. Conducción impulso nervioso y mantenimiento del equilibrio hídrico en el organismo. Es el catión más abundante en el medio interno.
- ☐ **K⁺**. Transmisión y generación del impulso nervioso, contracción cardíaca y muscular.
- ☐ **Ca⁺⁺**. Contracción muscular, coagulación sanguínea, liberación de neurotransmisores en sinapsis. Cofactor de algunas enzimas y función esquelética (huesos, conchas, etc.).
- ☐ **Mg⁺⁺**. Cofactor de enzimas, contracción muscular, funcionamiento del sistema nervioso, resistencia contra las infecciones, etc.

De otros como el **Li⁺**, pese a encontrarse en los medios biológicos, se desconoce su acción aunque se utilice como medicamento antimaniaco.

Además de la acción específica de cada uno es importante que las proporciones relativas entre los diferentes cationes se mantengan constantes para asegurar un funcionamiento fisiológico correcto (Ej. El Ca^{++} y el K^+ tienen acción antagónica en el corazón). Se suelen utilizar soluciones salinas, con una concentración relativa adecuada de aniones y cationes, para el tratamiento de deshidrataciones, en investigaciones fisiológicas en la perfusión de órganos (Tyrode, Ringer) o en cultivos hidropónicos (Arnon).

23.4.3. El estado líquido de la materia viva (OPCIONAL)

Los líquidos presentes en el interior de organismos son dispersiones de diversas sustancias en el seno del agua. Si las partículas dispersas son de tamaño superior a 10^{-7} cm se habla de **dispersiones coloidales**, formadas principalmente por sustancias orgánicas, como las proteínas, los ácidos nucleicos y los polisacáridos. Las dispersiones coloidales concentradas se llaman **geles** y las diluidas **soles**.

Las dispersiones coloidales tienen peculiaridades que las diferencian de las disoluciones verdaderas, como el hecho de que sus partículas pueden precipitar por centrifugación, o la turbidez que presenta la dispersión cuando se mira al trasluz (efecto Tyndall). La presencia de partículas dispersas en el agua varía alguna de sus propiedades (punto de fusión y de ebullición, viscosidad, etc.).

23.5. Los glúcidos. Composición química.

Vamos a comenzar el estudio de las moléculas biológicas orgánicas con ellos, también se les llama Hidratos de Carbono por que su fórmula empírica general corresponde a $C_n(H_2O)_n$; en su momento se pensó que eran compuestos de carbono hidratado

Como vimos al inicio del tema, los glúcidos (polihidroxialdehídos o polihidroxicetonas) desempeñan, fundamentalmente, un papel energético en los seres vivos, si bien pueden presentar otras funciones. En este grupo también se incluyen algunas moléculas derivadas, con grupos amino, carboxilo, etc.

23.5.1. Clasificación de los glúcidos según su estructura.

Podemos clasificarlos de dos formas:

1. **Atendiendo al tipo de grupo funcional:** Aldosas (grupo aldehído) y cetosas (grupo cetona en el C-2)
2. **Según su complejidad,** se dividen en : **Monosacáridos** u osas (los más sencillos y no hidrolizables) y **Ósidos** resultado de la unión de varios o de muchos monosacáridos, los cuales pueden quedar libres por hidrólisis. Según el nº de monosacáridos que contengan hablamos de **Oligosacáridos** (de dos a 9); y de **Polisacáridos** (un nº mucho mayor). Por último añadiremos los **Heteropolisacáridos** que contienen, además de glúcidos, otras moléculas orgánicas diferentes.

23.5.2. Estructura y propiedades de los principales glúcidos:

I) MONOSACÁRIDOS.

Son las moléculas utilizables directamente por los seres vivos. Se trata de los glúcidos más sencillos y constituyen los monómeros (unidades que se unen) de los ósidos.

a) Propiedades

Blancos, solubles en agua, cristalizables, de sabor dulce y con propiedades reductoras, debidos a la presencia del grupo carbonílico $C=O$ (CO) (método de análisis Felhing, Selivanoff, etc.).

b) Isomería espacial o estereoisomería

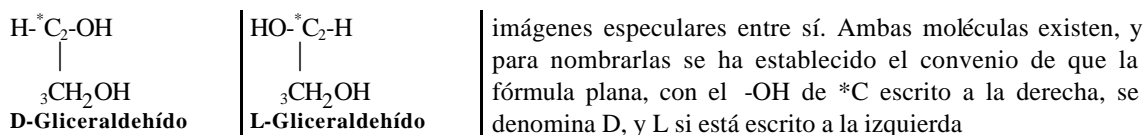
La presencia de estereoisómeros es una de sus características, es decir la existencia de diferentes moléculas con la misma fórmula en el plano, pero distinta fórmula tridimensional.

Esta propiedad es consecuencia de la existencia en la molécula de algún carbono asimétrico (C^*), es decir, un carbono que está unido a cuatro radicales distintos.

El glúcido más sencillo es el gliceraldehído cuya fórmula plana reproducimos por tanto, es una



aproximación a la estructura molecular real, ya que los átomos de C son tetraédricos. En esta forma tridimensional en el C-2 puede variar la posición relativa del radical -OH y del radical -H, dando dos conformaciones no superponibles e



(En lugar de cada fórmula plana se suele poner otra abreviada en la que sólo se especifica la posición del *C mediante la línea horizontal que indica la posición del radical -OH, dando por supuesto que en la parte superior aparece el grupo carbonilo y en la inferior el CH₂OH)

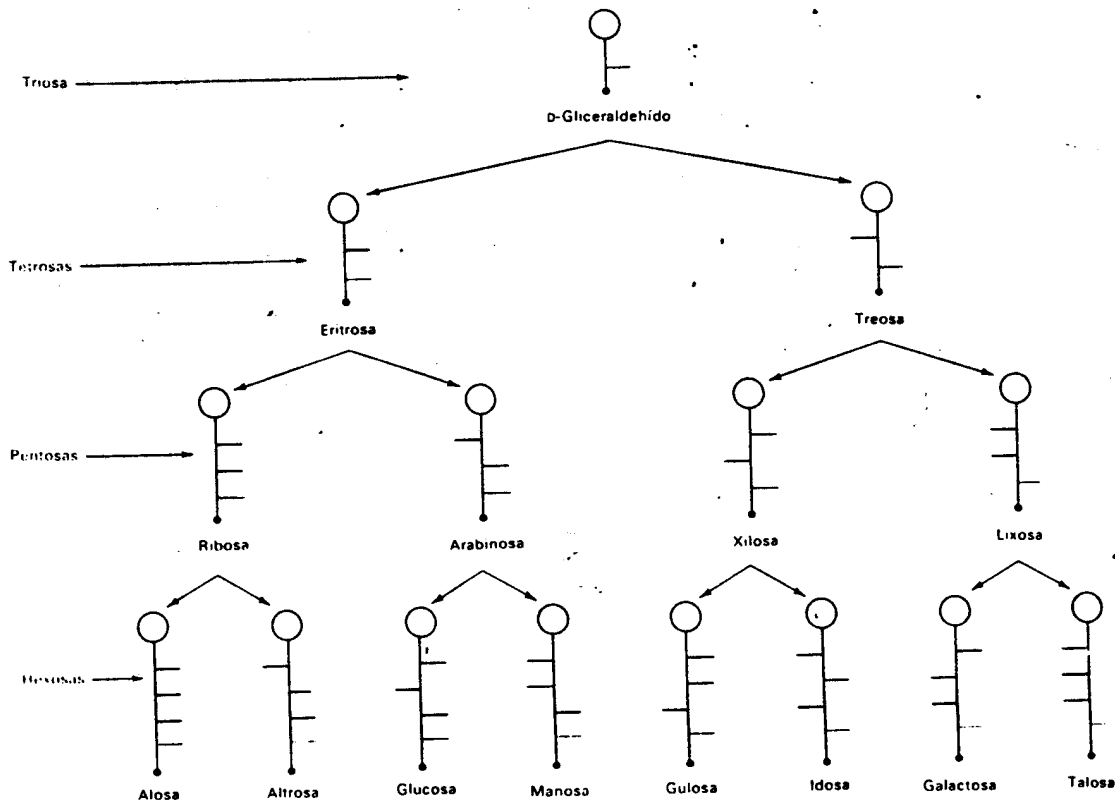
Los dos estereoisómeros tienen una gran similitud en sus propiedades, pero en los seres vivos sólo se presentan las formas D. La presencia de *C confiere a los glúcidos actividad frente a la luz polarizada; uno de los isómeros (que puede ser tanto el D como el L) desvía el plano de polarización a la derecha (dextrógiro, +), y el otro, a la izquierda (levógiro, -).

En la mayoría de los glúcidos hay más de un *C. El nº de estereoisómeros de una molécula será de 2ⁿ, siendo n = nº de *C. En estos casos la forma D o L se refiere a la posición del -OH del *C más alejado del grupo carbonilo (aldehído o cetona).

Los estereoisómeros que son imágenes especulares se denominan **enantiomorfos**, y, en cambio, cuando se diferencian entre sí en la posición de algún -OH sin ser enantiomorfos, son llamados **epímeros** (estos reciben nombres distintos por ejemplo, glucosa, galactosa, manosa). Dos estereoisómeros que no son enantiómeros se les llama **diastereoisómeros**.

c) Clasificación

Para la clasificación esquemática en un cuadro partimos de las triosas y, para los sucesivos grupos, procederíamos a dibujar esquemáticamente su fórmula plana, añadiendo un carbono (el dos para las aldosas y el 3 para las cetosas) con el OH hacia la derecha o hacia la izquierda y manteniendo el esqueleto del grupo anterior.



Entre las **Pentosas** destacamos: La **D-Ribosa** (ATP, ARN) merece destacarse la **desoxirribosa** (ADN) cuyo C-2 no es asimétrico al poseer dos radicales-H. Entre las cetopentosas citaremos la D-Ribulosa (la última), como molécula fijadora del CO₂ durante la fotosíntesis.

HEXOSAS. Para escribir su fórmula podríamos proceder de forma similar a la ya expuesta en el cuadro para representar la fórmula plana de los 16 estereoisómeros de las aldohexosas y los 8 de la cetohehexosas. No obstante las que más nos interesan son: D-Glucosa, D-Galactosa, D-Fructosa

La **glucosa** es la hexosa más importante. Se encuentra libre en el interior celular y en la sangre, o bien, polimerizada en forma de polisacáridos. Es la molécula energética más comúnmente utilizada. El cerebro consume 140 gr. de glucosa/día. Si baja el nivel de glucosa (ayuno prolongado) se utiliza como fuente de energía los cuerpos cetónicos procedentes de la oxidación de ácidos grasos en el hígado.

La **galactosa** existe libre en la leche en poca cantidad, y sobre todo formando parte del disacárido lactosa. Aparece en polisacáridos complejos como goma y mucílagos.

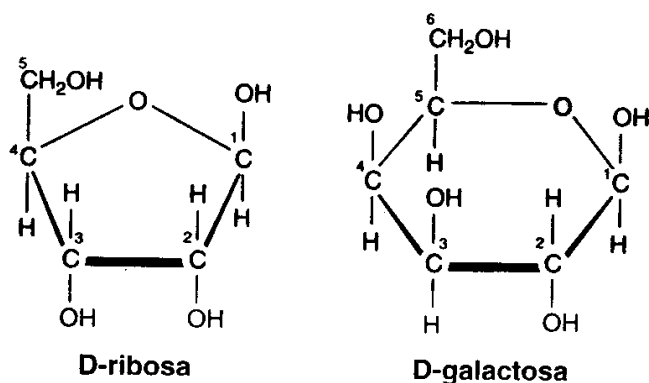
La **fructosa** aparece como componente del disacárido sacarosa; en estado libre aparece en algunos frutos y en líquidos seminales, por ser fuertemente levógira a veces se le llama levulosa.

d) Estructura de las pentosas y las hexosas en disolución

Las fórmulas lineales representadas hasta ahora (**representación de Fischer**) no satisfacen las propiedades de las aldopentosas y las hexosas cuando se encuentran en disolución, donde se comportan como si tuvieran un C* más. Ésto se debe a que, en disolución, forman compuestos cíclicos que forman anillos de 5 o de 6 carbonos².

Estas estructuras cíclicas se forman al reaccionar el grupo aldehído o cetona con uno de los grupos -OH, dando lugar a un hemiacetal o a un hemicetal respectivamente, intramolecular, en el cual el carbono implicado se transforma en asimétrico, y da lugar a dos nuevos estereoisómeros. El nuevo C* se llama anomérico y los nuevos isómeros (**anómeros**) se denominan α y β .

Los únicos anillos estables son los de 5 o 6 átomos, de los cuales uno es Oxígeno el resto carbonos. Los de anillo pentagonal se llaman **furanos** y los de anillo hexagonal **piranos**. Para realizar una representación lo más parecida a la realidad se ha establecido un método denominado **proyección de Haworth**, en la cual aparecen las fórmulas planas en perspectiva (Aquí procede la explicación del modelo "metro de carpintero" que se expondrá en el desarrollo de las sesiones). Los anómeros α y β quedan definidos por la posición del OH hemiacetalico, bien abajo (α) o bien, hacia arriba (β). Para nombrar los monosacáridos en forma cíclica deberemos, pues, indicar el tipo de anómero, el tipo de enantiomorfo, la molécula de que se trata y el tipo de anillo formado. Por ejemplo, α -D-glucopiranososa, β -D-ribofuranosa, etc.



e) Derivados de los monosacáridos (opcional)

Algunas moléculas, originados por cambios químicos en los monosacáridos, se encuentran en los seres vivos. Ejemplo.

- La desoxirribosa que se forma por pérdida de un grupo -OH;
- Polialcoholes. Al reducirse el grupo carbonilo a alcohol (sorbitol a partir de glucosa, glicerol a partir de gliceraldehído..)
- Glucoácidos, por oxidación de monosacáridos convirtiéndose en ácidos aldónicos, aldáricos o urónicos.

²En la glucosa disuelta sólo un 5 % está en forma abierta

Los ácidos urónicos que se forman mediante la oxidación del grupo -OH primario, como el ácido glucurónico y el ác. galacturónico, que abundan en los tejidos conjuntivos y en mucílagos y gomas;

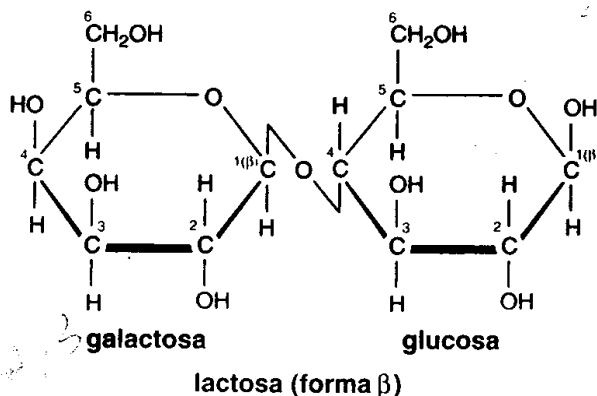
- Por reducción del grupo carbonilo (C=O) se obtienen o polialcoholes, como el sorbitol y el manitol, presentes en muchos frutos, y la glicerina, componente de grasas y otros lípidos;
- Aminoazúcares: el OH del C2 se sustituye por NH₂: Glucosamina (compone polisacáridos como la quitina de los artrópodos, la galactosamina de los glucolípidos, y el ac. murámico, componente esencial de la pared bacteriana).

II) OLIGOSACÁRIDOS:

Son glúcidos compuestos por varios (de 2 a 9) monosacáridos unidos. Estos monosacáridos pueden ser liberados por hidrólisis. Según el n° de monosacáridos hablamos de disacáridos, trisacáridos, etc. Aquí sólo nos referiremos a los Disacáridos.

DISACÁRIDOS;

Se forman al unirse dos monosacáridos mediante un enlace O-glucosídico con pérdida de una molécula de agua, éste tiene lugar entre el -OH hemiacetalico de uno de ellos y un grupo hidroxilo cualquiera del otro. Si este segundo grupo es también hemiacetalico (**enlace dicarbonílico**), el disacárido carece de poder reductor, ya que éste es debido a la presencia del -OH hemiacetalicos libres (caso de la sacarosa).



Propiedades. Solubles en agua, dulces y cristalizables. El carácter reductor depende, como hemos visto, de la presencia o ausencia de un grupo -OH hemiacetalico libre.

Nomenclatura. Se añade el sufijo -osil al nombre del monosacárido que utiliza el -OH hemiacetalico, para formar el enlace O-glucosídico; a continuación se indican los carbonos participantes en este enlace, y, por último, el nombre del segundo monosacárido acabado en osa (cuando el enlace es monocarbonílico), o en -ósido (cuando es dicarbonílico).

Ejemplos. Entre los más conocidos tenemos:

- ❑ **Sacarosa.** Es el azúcar común, abunda en la remolacha azucarera y en la caña de azúcar. Corresponde al α-D-glucopiranosil (1→2) β-D-fructofuranósido. Dextrógira, se hidroliza con facilidad (la mezcla obtenida es levógira, por lo que se le llama azúcar invertido).
- ❑ **Lactosa.** Se encuentra en la leche, tiene poder reductor por poseer un -OH hemiacetalico libre. β-D-galactopiranosil (1→4) β-D-glucopiranosil.
- ❑ Hay otros disacáridos que no se encuentran libres en la naturaleza, y que se obtienen por hidrólisis parcial de polisacáridos. Entre ellos encontramos:
- ❑ **Maltosa.** Se obtiene de la hidrólisis del almidón y del glucógeno. Aparece durante la germinación de la cebada, que se emplea en la fabricación de cerveza y, una vez tostada, como sucedáneo del café (malta). α-D-glucopiranosil (1→4) β-D-glucopiranosil.

- ❑ **Isomaltosa.** Se obtiene por hidrólisis de la amilopectina y del glucógeno. Es igual al anterior pero con enlace 1→6.
- ❑ **Celobiosa.** Aparece en la hidrólisis de la celulosa. β-D-glucopiranosil (1 → 4) β-D-glucopiranososa.

III) POLISACÁRIDOS

Son los glúcidos de mayor Pm. Están constituidos por muchos monosacáridos unidos por enlaces O-glucosídicos. En su formación, como ya vimos se pierden moléculas de agua. La hidrólisis permite la rotura de enlaces y la separación de los monómeros.

Constituyen moléculas de reserva energética, o bien, son estructuras que forman parte de cubiertas celulares y medios extracelulares.

b₁) Propiedades

Carecen de poder reductor, pues la mayoría de -OH hemiacetálicos no están libres. No son dulces, ni cristalizan y son insolubles en agua o forman dispersiones coloidales.

b₂) Clasificación:

HOMOPOLISACÁRIDOS: Almidón, Glucógeno, Dextranos, Celulosa, Quitina, Pectina

HETEROPOLISACÁRIDOS: Agar-agar, Gomas y mucílagos, Hemicelulosa, Mucopolisacáridos

HOMOPOLISACÁRIDOS

Sólo tienen un tipo de monosacáridos. Cuando los monómeros son anómeros α, tienen función energética, mientras que la presencia de anómeros β les confiere mayor resistencia a la hidrólisis, y se emplean en los seres vivos con funciones estructurales. Los que más nos interesan son los polímeros de las hexosas.

- ❑ **Almidón.** Es el polisacárido de reserva de los vegetales. Se encuentra acumulado en los amiloplastos. Abunda en alimentos de consumo diario (pan, patatas, cereales, etc.). Es una forma óptima de almacenar glúcidos, ya que, por ser insoluble, no modifica la presión osmótica celular. Es un polímero de la α-D-glucopiranososa constituido por dos componentes:
 - **Amilosa.** Cadenas sin ramificar de α-D-glucopiranososa unidas por enlaces (1→4), dispuestas helicoidalmente con seis moléculas por vuelta. Con iodo se tiñe de azul violeta.
 - **Amilopectina.** Cadenas ramificadas de α-D-glucopiranososa unidas por enlaces (1→4), dispuestas helicoidalmente con seis moléculas por vuelta y ramificaciones mediante enlaces (1→6), cada 12 moléculas. La proporción relativa de ambos compuestos varía según los vegetales.
- ❑ **Glucógeno.** Es el polisacárido de reserva energética de los animales; se acumula en el hígado y en el músculo estriado. Está constituido por una cadena semejante a la amilopectina, pero aún más ramificada, pues los enlaces (1→6) se producen cada ocho o diez moléculas de glucosa. Con el iodo da coloración rojo violeta.

La ramificación de la amilopectina (cada 12 moléculas) y la del glucógeno (cada 8-10 moléculas) favorece su degradación enzimática, pues esta empieza por el extremo de las ramas, de forma que cuanto más ramificada esté la molécula, más rápida será la obtención de glucosa. El mayor peso molecular y ramificación del glucógeno favorece la disponibilidad de glucosa en el caso de los animales.
- ❑ **Dextranos.** Polisacáridos de reserva de bacterias y levaduras. Están constituidas por moléculas ramificadas también, pero con enlaces en posiciones distintas a los anteriores.
- ❑ **Celulosa.** Es el principal componente de la pared celular de las células vegetales y se encuentra, por tanto, en el papel, la madera y el algodón (en éste representa casi el 100 %).

Está constituida por cadenas lineales de 300 a 15000 moléculas de β -D-glucopiranosas unidas por enlaces (1 \rightarrow 4), dispuestas helicoidalmente con 4 moléculas por vuelta. Insoluble en agua y difícilmente digerible³.

- ❑ **Quitina.** Forma parte del exoesqueleto de los artrópodos. Es un polímero no ramificado de la N-acetil glucosamina, con enlaces β (1 \rightarrow 4), y, por tanto, con características, en cuanto a la hidrólisis, semejantes a la celulosa.
- ❑ **Pectina.** También forma parte de la pared de las células vegetales. Es un polímero del ácido metilgalacturónico.

HETEROPOLISACÁRIDOS

Son polímeros con dos o más monosacáridos (o derivados de ellos) diferentes. Entre los más importantes destacamos:

- ❑ **Agar-agar.** Se encuentra en las algas Rodofíceas. Contiene Lgalactosa, Dgalactosa y ésteres sulfúricos de ellas. Se utiliza para preparar medios de cultivos sólidos en microbiología y como espesante en industrias alimentarias.
- ❑ **Gomas y mucílagos.** Polímeros de composición variada: entre otros se encuentran la aldopentosa arabinosa y el ácido glucurónico. Se piensa que sirven de defensa, en los vegetales, ante distintos traumas físicos. Las gomas fluyen externamente (goma arábiga), mientras que los mucílagos no, éstos pueden aumentar mucho su volumen por absorción de agua, por lo que se emplean como productos dietéticos para adelgazar.
- ❑ **Hemicelulosa.** Contiene las aldopentosas, arabinosa y xilosa. También forma parte de la pared de las células vegetales.
- ❑ **Mucopolisacáridos.** Algunos de los monosacáridos que poseen contienen grupos ácidos. Al asociarse con proteínas forman mucoproteínas, sustancias pegajosas y resbaladizas que actúan como cementantes y lubricantes, en los tejidos animales. Destacamos:
 - Ácido hialurónico (tejidos conectivos, líquido sinovial, humor vítreo, cubierta de los ovocitos, etc.).
 - Condroitina (cartílagos, huesos y córnea)
 - Heparina, anticoagulante que se encuentra en las paredes de las arterias, pulmones, hígado, etc.

IV) HETERÓSIDOS

Son moléculas que, al hidrolizarse, dan lugar a un componente glucídico y a otra parte no glucídica (aglucon o genina). Se clasifican según la genina:

- ❑ **GLUCOLÍPIDOS.** Son componentes de las membranas celulares. Destacan los gangliósidos y los cerebrósidos, que se tratarán junto con los demás lípidos.
- ❑ **GLUCOPROTEÍNAS o MUCOPROTEÍNAS.** Son muy variadas. Se encuentran desde los peptidoglicanos de la pared bacteriana hasta las glucoproteínas sanguíneas, hormonas hipofisiarias, mucoproteínas del tracto respiratorio y digestivo y las que forman parte en las membranas celulares de los lugares de reconocimiento y antigenicidad. El glucósido vegetal digitalina es un potente cardiotónico.

23.5.3. Funciones de los Glúcidos.

³Sólo la digieren los microorganismos simbióticos en el ap. Digestivo de herbívoros e insectos xilófagos.

Aunque ya hemos hecho referencia a lo largo de la exposición de los glúcidos a sus principales funciones, no está de más que, a modo de síntesis, recordemos constituyen el principal componente orgánico, sobre todo vegetal⁴. En los seres vivos realizan fundamentalmente dos misiones:

- ❑ **Energética.** A la glucosa se le puede considerar como la moneda energética. Durante la respiración aeróbica, por cada mol de glucosa, se liberan 266 kcal (4'1 kcal/gr). La sacarosa, el almidón, el glucógeno, etc., son formas de almacenar glucosa.
- ❑ **Estructural.** Ya hemos destacado la importancia de los enlaces β, que impiden la hidrólisis de las moléculas. A la celulosa, quitina, condrina, etc., ya citadas, podemos añadir la ribosa y la desoxirribosa de los ácidos nucleicos de todos los seres vivos.
- ❑ Algunas **otras funciones específicas** de determinados glúcidos son, por ejemplo, la de los antibióticos (estreptomicina), la de vitamina (la C), anticoagulante (heparina), hormonal, enzimática (junto con proteínas forman las ribonucleasas, etc.

23.6. Composición química y clasificación de los lípidos

A diferencia de los glúcidos, no constituyen un grupo químico homogéneo, sino que entre ellos se encuentran sustancias con estructuras químicas diversas, pero con las mismas propiedades físicas.

Son, por tanto, estas propiedades, fundamentalmente su insolubilidad en agua, las que dan unidad a este grupo. Son en cambio solubles en disolventes orgánicos (benceno, éter, cloroformo, etc.). Poseen también un aspecto craso (brillo, untuosidad, etc.)

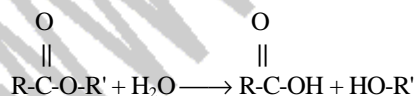
Su variedad en la composición química va emparejada con diferencias en cuanto a la función biológica que desempeñan. Existen lípidos con función estructural, fundamentalmente constituyentes de las membranas celulares, aunque también encontramos compuestos energéticos, otros con función hormonal, vitamínica, etc.

23.6.1. Principales tipos de lípidos:

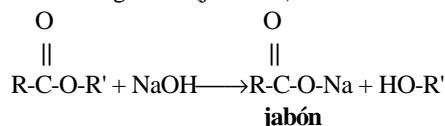
Dada su gran variedad, podemos hacer varias clasificaciones. La más actual se basa en su estructura molecular y, según ésta, podemos diferenciar entre lípidos saponificables y los insaponificables o simples

I. LÍPIDOS SAPONIFICABLES O COMPLEJOS

Contienen ácidos grasos entre sus componentes. Químicamente son ésteres, y pueden hidrolizarse liberando los ácidos grasos y los alcoholes (saponificación). La saponificación es la reacción de hidrólisis inversa a la esterificación. Si se realiza en caliente en un medio alcalino se obtienen el alcohol y un jabón. En los organismos la hidrólisis la lleva a cabo las enzimas lipasas.



R y R' son cadenas carbonadas. La reacción inversa es la de esterificación. La saponificación se puede realizar experimentalmente con NaOH o KOH sin necesidad de catalizador. Así se obtienen sales sódicas o potásicas de los ácidos grasos (jabones)



ACIDOS GRASOS.

⁴Su proporción en plantas es mucho mayor que en los animales.

Raramente aparecen en estado libre, lo suelen hacer esterificados. Se trata de ácidos orgánicos con dos características especiales: Cadena hidrocarbonada larga (14 a 22 carbonos) y un nº par de carbonos.

La cadena hidrocarbonada puede ser saturada o insaturada (con dobles enlaces entre C), éstos abundan más entre los vegetales. Los dobles enlaces suelen ser configuración "cis", aunque los hay "trans" y hacen disminuir el punto de fusión frente al de ácidos grasos saturados del mismo nº de carbonos.

La posición y el nº de dobles enlaces, así como la longitud de la cadena, señalan las diferencias entre ellos.

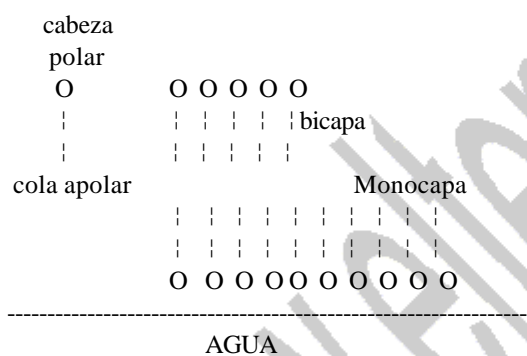
Entre los **saturados** destacamos: Cáprico (10), láurico (12), mirístico (14), palmítico (16), esteárico (18), araquídico (20); lignocérico (24), etc. Fórmula general $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{COOH}$ Entre los insaturados cabe señalar: Palmitoleico (16:1⁹), oleico (18:1⁹), linoleico (18: 2^{9,12}), etc. Entre paréntesis el nº total de carbonos, seguido del nº de dobles enlaces y, a modo de exponente, su localización).

Existen algunos **ácidos grasos esenciales**, que no pueden ser sintetizados en el organismo, y, por lo tanto, hay que adquirirlos con la dieta (vitamina F). En el ser humano son el linoleico, linolénico y araquinódico (para la biosíntesis de las prostaglandinas). Los ácidos linoleico y linolénico se encuentran en aceites vegetales, el araquinódico, en la grasa de los pescados azules.

La vitamina E impide el enranciamiento de los ácidos grasos insaturados. El aceite de oliva virgen la contiene.

Las margarinas se obtienen por hidrogenación de los ácidos grasos insaturados.

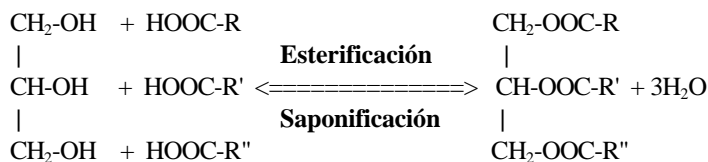
La particularidad más notable de los ácidos grasos es la de ser compuestos **anfipáticos**, esto es, la presencia de un grupo carboxilo polar (-COOH) y el resto de la cadena apolar. Así una pequeña parte de la molécula es hidrófila y la mayor parte es hidrófoba. Cuando se añaden en pequeña cantidad al agua, se forma una monocapa en la superficie, y las cabezas polares se disponen en contacto con la superficie de ésta. Sobre esta monocapa puede disponerse una segunda capa con las colas apolares sobre la primera.



Añadido en mayor cantidad, forman micelas cerradas, en las que las porciones hidrófobas queden protegidas, del contacto con el agua, en el interior.

ACILGLICÉRIDOS O GRASAS.

Son moléculas energéticas presentes en todo tipo de células, constituyendo materiales de reserva. En animales tienen función de aislante térmico y de protección mecánica cuando se deposita bajo la piel. Los más frecuentes son los triacilglícidos o triglicéridos (triésteres de la glicerina y tres ácidos grasos



Si los tres ácidos grasos son iguales se habla de grasas simples, si no lo son se trata de grasas mixtas. Las grasas naturales suelen ser mezcla de ambas. Que sean sólidas o líquidas a tª ambiente depende del tipo de ácidos grasos que lleven. Las sólidas, funden por encima de los 40 °C (sebos animales); las semisólidas tienen un punto de fusión entre los 20 y 40 °C (mantequilla, margarina), y las líquidas funden por debajo de los 20 °C (aceites vegetales y de pescados).

CERAS

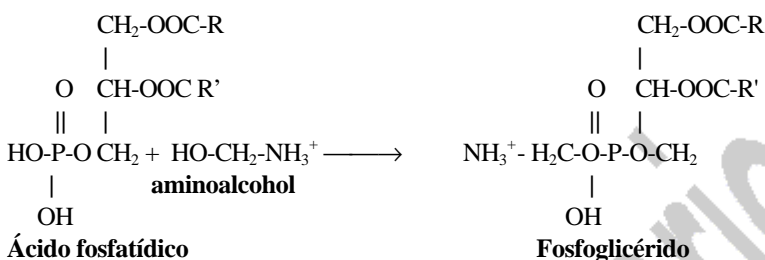
Monoésteres de un ácido graso y un monoalcohol de cadena larga. Su fórmula general puede responder a



Totalmente insolubles en agua; por ello son empleadas recubrimientos externos en tallos y frutos, así como en plumas y otras estructuras de la piel. Son sustancias moldeables (cera de las abejas).

FOSFOGLICÉRIDOS

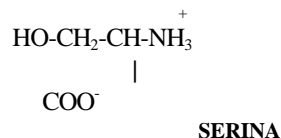
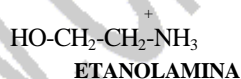
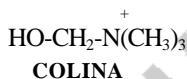
Están constituidos por una molécula de ácido fosfatídico unida a un grupo polar que, frecuentemente, es un aminoalcohol.



Se trata de compuestos claramente anfipáticos, siendo su grupo polar el constituido por el ácido fosfórico y el aminoalcohol. Debido a esta propiedad, son constituyentes fundamentales de las membranas celulares, ya que forman bicapas en las que las cabezas polares quedan expuestas al medio externo y al medio intracelular, ambos acuosos, mientras que las colas apolares quedan enfrentadas entre sí en el interior de la membrana (ver el esquema de la página anterior).

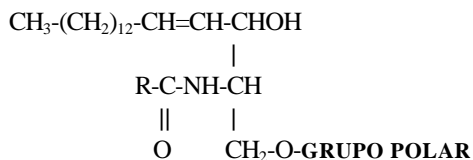
Según cuál sea el aminoalcohol unido al ácido fosfatídico, tenemos diferentes fosfoglicéridos:

- Fosfatidil colina o lecitina, el amino alcohol es la colina;
- Fosfatidil etanolamina (cefalina), con la etanolamina, y
- Fosfatidil serina, cuando es con el aminoácido serina.



ESFINGOLÍPIDOS

Son otros componentes de las membranas celulares, y se encuentran en cantidades elevadas en el sistema nervioso. Químicamente son moléculas complejas formadas por la unión de una ceramida y un grupo polar. La ceramida, a su vez, está compuesta por el alcohol esfingosina y un ácido graso unido por un enlace amida por el carbono 2. Los distintos tipos de esfingolípidos dependen de la naturaleza del grupo polar



CERAMIDA

Según el tipo de molécula que se une a la ceramida, se pueden formar tres tipos distintos de esfingolípidos:

- **Esfingomielina:** Ceramida + H_3PO_4 + colina. Las esfingomielinas se encuentran en la mayoría de las membranas celulares animales y componen mayoritariamente las vainas de mielina de las neuronas.
- **Cerebrósidos:** ceramida + monosacárido (galactosa). Abunda en la membrana plasmática de neuronas y en la mielina.
- **Gangliósidos:** ceramida + oligosacárido complejo (combinación de galactosa, glucosa, ácido N acetilmurámico, etc.). Aparecen en la cara externa de las membranas celulares, especialmente en las neuronas

Los glucoesfingolípidos se hallan relacionados con la especificidad de grupos sanguíneos, con los centros de identificación y reconocimiento celulares, con fenómenos inmunitarios de los tejidos y con los lugares de anclaje de virus en la membrana plasmática. Actualmente se les presta mucha atención por su posible relación en el desarrollo de tumores, enfermedades inmunitarias e infecciones víricas.

II. LOS INSAPONIFICABLES O SIMPLES

No contienen ácidos grasos y, por tanto, no son ésteres. Se encuentran en cantidades menores que los saponificables, pero entre ellos se encuentran compuestos muy activos e importantes.

TERPENOS

Son polímeros del isopreno (2-metil-1,3-butadieno) $CH_2=C-CH=CH_2$.



La presencia de los dobles enlaces alternos (conjugados) comunica color a estas moléculas. Abundan en los vegetales.

Si están constituidos por dos moléculas de isopreno, se denominan **monoterpenos**, que son responsables del aroma característica de muchas plantas (geraniol, limoneno, mentol, alcanfor, etc.). Entre los constituidos por cuatro moléculas (**diterpenos**) se encuentra el fitol, que es uno de los componentes de la clorofila.

Los **triterpenos** tienen seis moléculas, como el escualeno que es una molécula precursora del colesterol.

Los **carotenoides** son tetraterpenos (8 moléculas); absorben energía luminosa de diferentes longitudes de onda de las que absorben las clorofilas, y, por tanto, colabora en los procesos fotosintéticos. Son también responsables de la coloración de algunos órganos vegetales (carotenos y xantofilas); también son precursores de la vitamina A.

Entre los politerpenos destaca el **caucho**, formado por miles de molécula de isopreno dispuestas linealmente.

ESTEROIDES

Son moléculas derivadas del ciclopentanoperhidrofenantreno (**esterano**). Las diferencias entre los diferentes esteroides radican en la posición de los sustituyentes y en la presencia de dobles enlaces en los anillos.

Un importante grupo son los **esteroles**, que poseen un -OH en el carbono 3 y una cadena ramificada en el 17. Destaca entre éstos el **colesterol**, presente en las membranas de las células animales y unido a proteínas en el plasma sanguíneo. El colesterol también es precursor de otros esteroides como: ácidos biliares, hormonas sexuales, hormonas corticoides, etc.

En los vegetales existen otros esteroides, como el **ergosterol**, que por acción de la luz solar se transforma en la vitamina D₂. La vitamina D₃ también se obtiene, mediante la acción de la luz solar en la piel, de otro derivado del colesterol (7 deshidrocolesterol).

El colesterol que se absorbe a través del tubo digestivo se llama colesterol exógeno. El endógeno lo sintetizan las células.

La regulación del colesterol es obra del hígado, que lo destruye cuando se encuentra en exceso en la sangre. El colesterol es transportado por la sangre gracias a que va empaquetado por otros lípidos y unido a proteínas y llevado al hígado para su distribución. Se han identificado tres tipos de lipoproteínas

transportadoras del colesterol VLDL, LDL (baja densidad o colesterol malo, facilita el depósito del colesterol en las arterias) y HDL (alta densidad, llevan el exceso de colesterol al hígado).

El caucho es producido por unas mil especies de plantas distintas. Actualmente se obtiene en los países tropicales a partir de una euforbiácea (*Hevea brasiliensis*), y de una morácea (*Ficus elástica*).

Los carotenos y xantofilas en los animales se almacenan en el panículo adiposo, coloreando la piel (cosméticos bronceadores de administración oral).

PROSTAGLANDINAS (OPCIONAL)

Derivan de ácidos grasos poliinsaturados. Aunque se descubrieron en la próstata aparecen en casi todos los tejidos. Modulan la actividad hormonal y provocan la contracción de la musculatura uterina, la agregación plaquetaria, la inflamación, el descenso de la presión arterial y la producción de mucus gástrico⁵.

23.6.2. Propiedades de los lípidos

A lo largo de la exposición de los diferentes lípidos hemos ido indicando algunas de sus principales funciones: de reserva, estructurales (componentes de membranas), dinámicas (hormonas, vitaminas, etc.); aquí sólo vamos a insistir en las funciones de reserva.

Los lípidos son la principal reserva energética del organismo. Cada gramo de grasa produce 9'4 kcal en reacciones metabólicas de oxidación. Esta gran cantidad de energía se debe en gran parte a la β -oxidación de los ácidos grasos en las mitocondrias.

El transporte de los lípidos desde el intestino hasta su lugar de utilización o hasta el tejido adiposo, donde se almacena, se realiza mediante los proteolípidos, asociaciones de proteínas específicas con triglicéridos, colesterol, fosfolípidos, etc., que permiten su transporte por la sangre y la linfa.

23.7. El Anabolismo:

Las rutas metabólicas conocidas como **anabolismo heterótrofo** son comunes para todas las células. En dichas rutas se sintetizan macromoléculas, fuertemente reducidas, a partir de moléculas sencillas, más oxidadas. Las diferencias estriban en cómo obtienen los distintos tipos de células las moléculas orgánicas sencillas de las que parten.

Las células fotosintéticas y quimiosintéticas obtienen, mediante el ciclo de Calvin y los procesos de degradación catabólica de sus reservas, una serie de pequeñas moléculas que son las mismas que las obtenidas en el catabolismo de las células heterótrofas. Son estas pequeñas moléculas, comunes a todas las células, las que sirven para iniciar los procesos anabólicos de construcción de macromoléculas de proteínas, lípidos, glúcidos y ácidos nucleicos.

Los procesos de obtención de macromoléculas son similares en todas las células, ya sean heterótrofas o autótrofas. Para todos estos procesos se emplea la energía que proporciona la desfosforilación de moléculas de ATP. Esta energía es empleada como energía de activación de los diferentes sustratos. Las reacciones anabólicas suelen ser **endergónicas**, es decir, almacenan la energía proporcionada por el ATP en los enlaces de las moléculas formadas.

Un enlace peptídico retendrá 4 Kcal/mol; un enlace glucosídico, 4 Kcal/mol; y un enlace esterfosfórico, 6,5 Kcal/mol.

La mayor parte de la energía conseguida por las células es utilizada para la producción de proteínas (70 %), mientras que la energía consumida para obtener el resto de los principios inmediatos es mucho más reducida; un 15 % se emplea en la síntesis de ácidos nucleicos; un 10 % en la de lípidos y un 5 % en la de glúcidos. Porcentajes en consonancia con el grado de complejidad de dichas moléculas.

Excepto la biosíntesis de fosfolípidos, colesterol y derivados, que se realiza en el retículo endoplasmático; la glicosilación de lípidos y proteínas, que se llevan a cabo en las cavidades del retículo y del aparato de Golgi; la biosíntesis de proteínas que se realiza en los ribosomas, y la biosíntesis de los ac. nucleicos, que tienen lugar fundamentalmente en el núcleo; las demás reacciones constructivas tienen lugar en el hialoplasma.

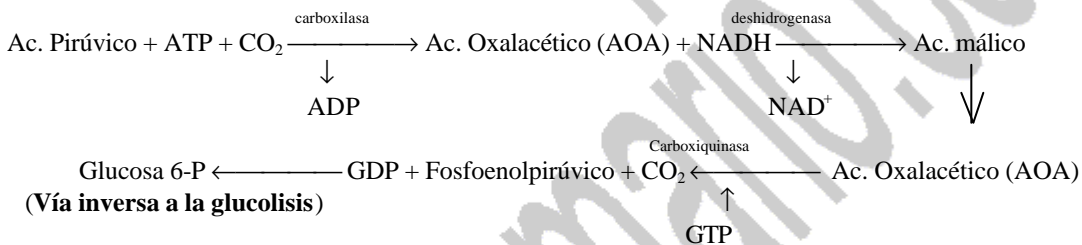
⁵La aspirina inhibe la síntesis de prostaglandinas, de ahí su acción antiinflamatoria y de agregante plaquetario

23.7.1. Biosíntesis de glúcidos. Glugogénesis y Glucogenogénesis.

En la obtención anabólica de los polisacáridos, como el almidón, el glucógeno, la celulosa, etc., se suceden dos fases:

- a. **Obtención de glucosa.** Todas las células son capaces de fabricar glucosa a partir de moléculas obtenidas del catabolismo de otros principios inmediatos. Se puede conseguir mediante dos procesos: uno general para todas las células (GLUCONEOGÉNESIS), y otro que se produce únicamente en las células autótrofas y que se origina a partir del ciclo de Calvin.

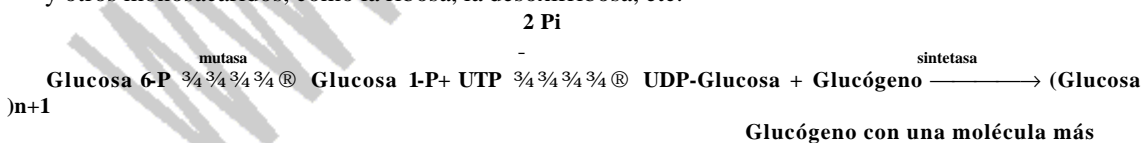
A partir del ac. pirúvico se puede obtener glucosa-6-fosfato mediante una serie de reacciones enzimáticas inversas a la glucólisis. Sin embargo algunos pasos de la glucólisis son irreversibles, por lo que no existen en la gluconeogénesis, que presenta algunas reacciones diferentes. Por ejemplo en la glucólisis se pasa del ácido fosfoenolpirúvico a pirúvico directamente, mediante la piruvato quinasa. En la gluconeogénesis, el paso inverso requiere una serie de reacciones enzimáticas que se inician en el interior de la mitocondria, ya que es en este orgánulo donde se sitúa la enzima piruvatocarboxilasa, que transforma el pirúvico en oxalacético. Esta molécula no puede atravesar la membrana mitocondrial, por lo que debe transformarse en ácido málico, molécula que sale al hialoplasma y vuelve a convertirse en oxalacético, mediante la malato deshidrogenasa. El málico se transforma en fosfoenolpirúvico mediante la enzima fosfoenolpiruvato carboxiquinasa.



En el interior de la mitocondria se puede producir también ácido oxalacético a partir del ciclo de Krebs. Sólo los vegetales y microorganismos que posean glioxisomas (peroxisomas especiales) son capaces de utilizar los ácidos grasos como precursores de la glucosa. El resto de las células utiliza únicamente el ácido pirúvico procedente de la transformación del ácido láctico y de los esqueletos carbonados de algunos aminoácidos.

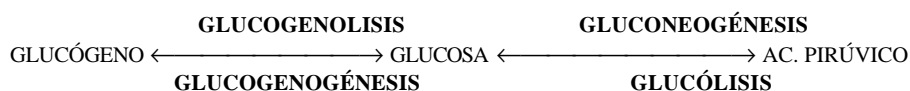
- b. **Obtención de polímeros de la glucosa o de otras hexosas.** Los procesos de obtención de polisacáridos a partir de monómeros varían según el tipo de célula. La formación de glucógeno, en las células animales, se denomina GLUCOGENOGÉNESIS.

Partiendo de la glucosa-6-fosfato se pueden obtener polisacáridos, como el almidón, el glucógeno, etc., y otros monosacáridos, como la ribosa, la desoxirribosa, etc.



La síntesis de polímeros como el glucógeno requiere uridín-trifosfato (UTP), molécula que actúa como activador al unirse a una molécula de glucosa, de forma que facilita su unión con el glucógeno. Para la obtención de almidón en las células vegetales, el proceso es idéntico, con la única diferencia de que el activador es el ATP.

El siguiente esquema puede resumir lo dicho hasta aquí:



La glucosa procedente de la digestión se almacena en el hígado en forma de glucógeno, con el fin de acumular el exceso después de las comidas, para más tarde liberarla a la sangre de manera dosificada. En el músculo, la acumulación de glucógeno, puede considerarse como una reserva energética privada, que sólo movilizan las células en el momento de máxima actividad si el aporte normal de la sangre resulta insuficiente.

Existe una cooperación metabólica entre el hígado y el músculo, que permite reciclar y aprovechar la energía de los excedentes de ácido láctico generado por las células musculares cuando trabajan en anaerobiosis: El ácido láctico es recogido por la sangre y transportado al hígado, donde actúa como un metabolito precursor de la gluconeogénesis y se transforma en glucosa; ésta vuelve a ser utilizada por el músculo. Así desaparecen las agujetas.

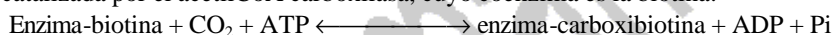
La glucógeno-sintetasa cataliza la formación de enlaces O-glucosídicos (1→4). La formación de enlaces 1→6 de las ramificaciones es catalizada por una enzima ramificadora.

23.7.2. Biosíntesis de lípidos.

La síntesis de triglicéridos en el hialoplasma requiere dos fases; obtención ácidos grasos y de glicerina, y formación de acilglicéridos.

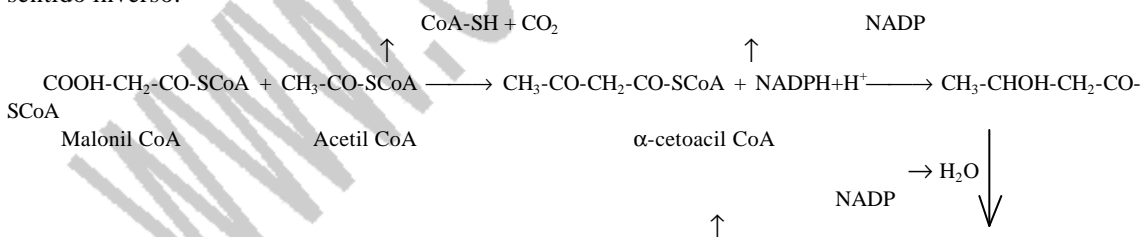
a) Obtención de ácidos grasos:

La síntesis de ácidos grasos se produce en el hialoplasma, partiendo del acetil-CoA, de origen mitocondrial formada a partir de la degradación del ácido pirúvico o de la β-oxidación de los ácidos grasos. Como la membrana de la mitocondria es impermeable al acetil-CoA, debe unirse al oxalacético para atravesarla en forma de ácido cítrico. Una vez en el hialoplasma, el oxalacético se separa y puede ser devuelto a la matriz. La formación de un ácido graso requiere malonil-CoA, obtenido a partir del acetilCoA mediante una carboxilación catalizada por el acetilCoA carboxilasa, cuyo coenzima es la biotina:



La unión del malonil-CoA (3C) a un acetil-CoA (2C) origina una molécula de cuatro carbonos, desprendiéndose CO_2 . La unión repetida de moléculas de Malonil-CoA permite que se añadan dos carbonos en cada ocasión, formándose una larga cadena con un número par de carbonos.

Las uniones de malonil-CoA se suceden hasta completar la cadena de ácidos grasos, que queda en forma activada (acil-CoA). La obtención de los ácidos grasos sigue así la vía de la hélice de Lynen, pero en sentido inverso.



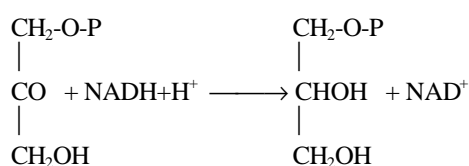
Vuelta a empezar hasta obtener graso con seis átomos de carbono, mediante Malonil CoA y así sucesivamente.

$$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_2\text{-CO-SCoA} \xleftarrow{\text{NADPH}_2} \text{CH}_3\text{-CH=CH-CO-SCoA} + \text{NADP}^+$$

Butiril CoA

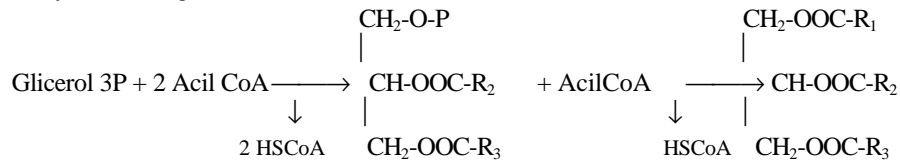
b) Obtención de la glicerina.

La síntesis de glicerina parte de la dihidroxicetona-3-fosfato. La glicerina no se llega a obtener, ya que queda en la forma activada de glicerol-3-fosfato.



c) Formación de triacilglicéridos.

La síntesis de estas moléculas lipídicas requiere las formas activadas de sus componentes: glicerol 1-3-fosfato y acil-CoA graso (R-CO-S-CoA)



Las células que sintetizan activamente ácidos grasos y esteroides presentan, además del ciclo de Krebs, otra ruta de degradación de la glucosa: la ruta del fosfoflucanato, que sucede en el citosol. La G-6-P se oxida a ribosa-5-P (utilizada en la síntesis de ácidos nucleicos) mediante una secuencia de reacciones en las que el aceptor electrónico es el NADP. Su forma reducida, NADPH+H⁺, interviene en la síntesis de ácidos grasos y colesterol.