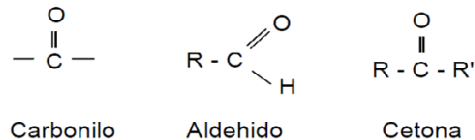


2. MONOSACÁRIDOS.

Son los glúcidos más sencillos y, por ello, las células pueden utilizarlos directamente como fuente energética. Los ósidos sin embargo, deben ser previamente hidrolizados.

Los monosacáridos son sustancias blancas, con sabor dulce, cristalizables y solubles en agua. Se oxidan fácilmente, transformándose en ácidos, por lo que se dice que poseen poder reductor (cuando ellos se oxidan, reducen a otra molécula).

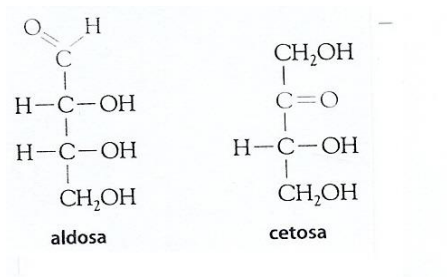
Los monosacáridos son moléculas sencillas que responden a la fórmula general $(CH_2O)_n$. Están formados por 3, 4, 5, 6 ó 7 átomos de carbono. Químicamente son polialcoholes, es decir, cadenas de carbono con un grupo -OH cada carbono, en los que un carbono forma un grupo **aldehído** o un grupo **cetona**.



2.1 COMPOSICIÓN, NOMENCLATURA Y PROPIEDADES.

Siempre contienen un grupo aldehído (**aldosas**) o un grupo cetona (**cetosas**), además de dos o más grupos hidroxilo. Pueden tener entre 3 y 8 átomos de C (triosas, tetrasas, pentosas, hexosas, heptosas y octosas). Los carbonos se numeran asignando el número 1 al extremo que lleva el grupo aldehído o a aquel que está más próximo al grupo cetona.

Los monosacáridos se nombran anteponiendo el prefijo **aldo-** o **ceto-** al nombre que indica el número de átomos de C, seguido de la terminación **-osa**. Ej: aldotriosa.



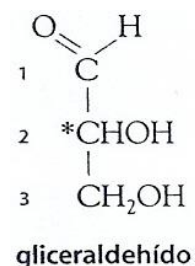
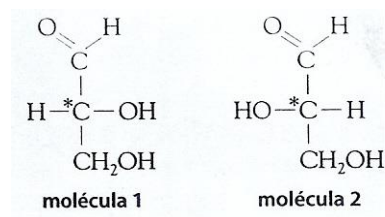
Todos los monosacáridos son sólidos, cristalinos, blancos, solubles en agua y poseen sabor dulce. La presencia del grupo carbonilo les da poder reductor, esta propiedad se utiliza para identificarlos.

2.2 ESTEREOISOMERÍA O ISOMERÍA ESPACIAL.

La estereoisomería consiste en la existencia de moléculas con la misma fórmula plana pero distinta estructura espacial. Esto sucede siempre que hay algún átomo de C asimétrico, es decir, un C unido a cuatro radicales distintos. Por ejemplo, en el glúcido más sencillo, el gliceraldehído, se puede observar que el carbono 2 es asimétrico.

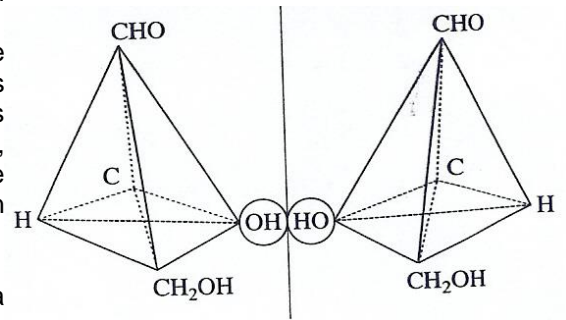
Para representar en el plano del papel estas moléculas, se utiliza habitualmente la proyección de Fischer, en la que la cadena carbonada se dispone en vertical y los grupos unidos a los carbonos asimétricos se sitúan a izquierda y derecha de éstos.

Los dos estereoisómeros del gliceraldehído se representan de la siguiente forma según la proyección de Fischer:



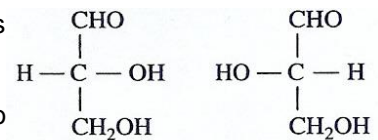
Las proyecciones de Fischer resultan muy útiles sobre el papel, pero como ambos isómeros tienen la misma fórmula plana es preciso recurrir a modelos tridimensionales para diferenciarlos con claridad.

Se observa fácilmente que se trata de moléculas distintas, ya que no es posible superponerlas aunque se giren y, a pesar de que sus propiedades físico-químicas son iguales (punto de fusión, densidad, etc), ambas presentan un comportamiento diferente frente a la luz polarizada, lo que demuestra que no son idénticas.



Para nombrar los estereoisómeros, se ha tomado el acuerdo de designar con la letra D a aquellos monosacáridos en cuyo penúltimo C (el C asimétrico más alejado del grupo aldehído o cetona), el -OH está a la derecha. Y como forma L, los que tienen ese -OH a la izquierda.

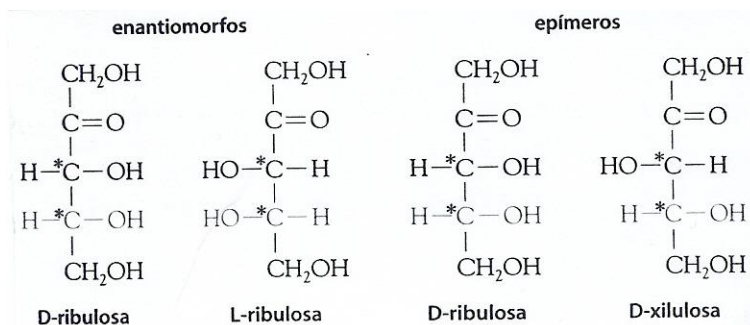
En la naturaleza, salvo raras excepciones, los monosacáridos se presentan en forma D.



Cada uno de estos isómeros espaciales es imagen especular no superponible del otro y se les denomina **enantiomorfos** o **enantiómeros**.

D-gliceraldehído *L*-gliceraldehído

Cuando dos monosacáridos se diferencian sólo en la posición de un -OH en un C asimétrico se denominan estereoisómeros **epímeros** (no son imágenes especulares). Son sustancias diferentes, con propiedades distintas, y por tanto reciben nombres distintos. Por ejemplo:



2.3 ISOMERÍA ÓPTICA.

Los estereoisómeros por el hecho de tener carbonos asimétricos, tienen actividad óptica, es decir, que cuando sobre una disolución de monosacáridos incide un rayo de luz polarizada, se observa una desviación del plano de polarización. Si lo desvía hacia la derecha es un monosacárido **dextrógiro**, y se representa con el signo (+); si es hacia la izquierda, se denomina **levógiro** y se simboliza con el signo (-). Ambos monosacáridos son isómeros ópticos, ya que las dos moléculas son iguales en todo excepto en cómo desvían la luz.

No existe relación entre la actividad óptica, dextrógiro o levógiro, y forma D o L de un determinado estereoisómero. Así, el D-gliceraldehído es dextrógiro, pero la D-fructosa es levógiro.

2.4 CLASIFICACIÓN DE LOS MONOSACÁRIDOS.

Los monosacáridos se clasifican, según el número de átomos de C que contengan, en:

. Triosas

Contienen tres átomos de C. Existen dos triosas: gliceraldehído y dihidroxiacetona. Las dos aparecen como productos intermedios en algunas reacciones metabólicas.

¿Sabrías escribir la fórmula de la dihidroxiacetona (cetotriosa)? ¿Cuántos estereoisómeros tiene?

. Tetrosas

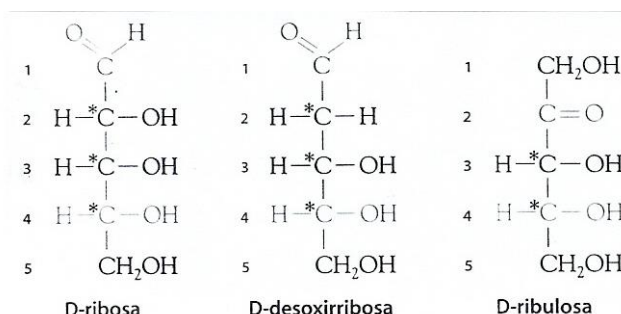
Compuestas por 4 átomos de C. El número de estereoisómeros es mayor que en las triosas. ¿Sabrías decir cuántos estereoisómeros hay en las aldotetrosas? ¿Y en las cetotetrosas? Escribe las fórmulas de las aldotetrosas.

. Pentosas.

Monosacáridos de 5 átomos de C.

Entre las aldopentosas destacan la D-ribosa, presente en el ARN, y la D-2-desoxirribosa, que se encuentra en el ADN.

Entre las cetopentosas cabe citar la D-ribulosa, ya que sobre ella se fija el CO₂ durante la fotosíntesis.

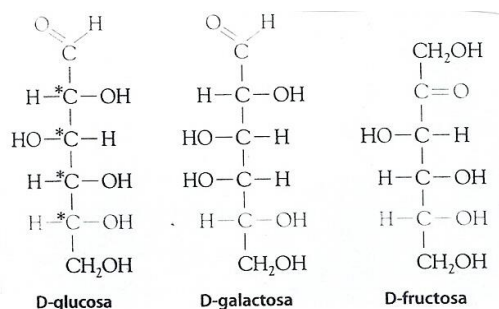


. Hexosas

Son glúcidos que tienen 6 átomos de C.

Entre las aldohexosas hay que destacar la glucosa y la galactosa. La glucosa es la molécula energética más utilizada por los seres vivos. Se encuentra en la célula, en la sangre y en algunos frutos (uvas, dátiles). La galactosa se encuentra libre en la leche o formando parte del disacárido lactosa.

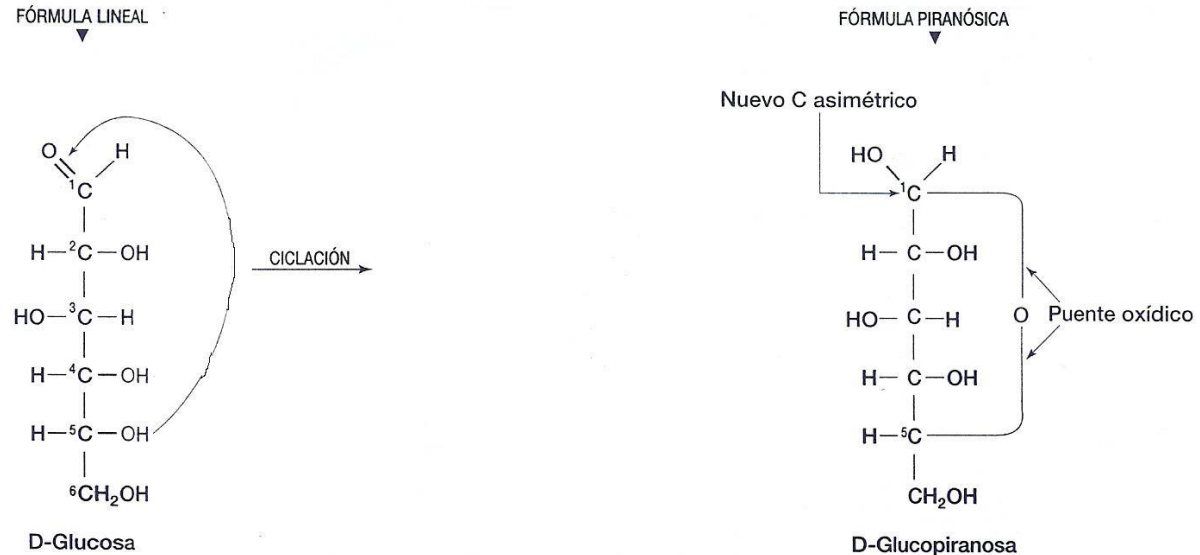
De las cetohexosas nombraremos la fructosa, que es de los azúcares más abundantes en la naturaleza (miel, frutas, etc.).



2.5 FORMAS CÍCLICAS DE LOS MONOSACÁRIDOS.

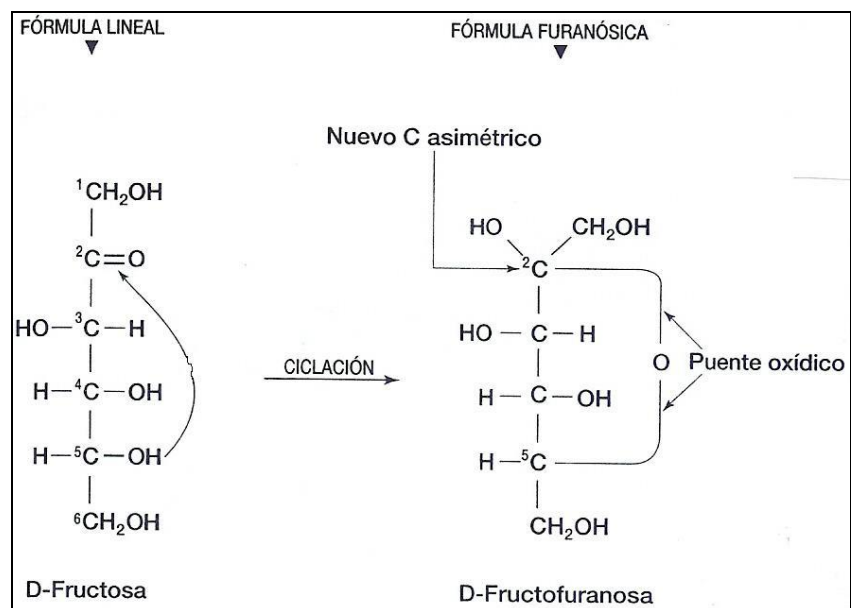
Las fórmulas de los monosacáridos tal como las hemos visto, cadenas lineales abiertas, corresponden a la estructura molecular del azúcar en estado sólido (cristalino), pero cuando los monosacáridos de 5 átomos de C o más se encuentran disueltos (así están en los seres vivos) forman moléculas cíclicas, de cadena cerrada.

En las hexosas estas estructuras cíclicas se originan al reaccionar el C que lleva el grupo aldehído o cetónico con un grupo -OH de la propia molécula (el situado en el C-5), estableciéndose un puente de oxígeno intramolecular. Se forma así una nueva estructura llamada **hemiacetal** (si el enlace se establece con el aldehído) o **hemiacetal** (si es con el cetónico). Cuando el anillo tiene 5 eslabones se denomina **furanosa** y cuando tiene 6, se llama **piranosa**.



Como resultado de la ciclación, el C del grupo carbonilo (el 1 en las aldosas y el 2 en las cetosas) se ha convertido en un nuevo carbono asimétrico (carbono **anomérico**), y, por tanto, se originan dos nuevos estereoisómeros, llamados **anómeros**: alfa (α), si el -OH está situado a la derecha y beta (β), si el -OH está a la izquierda.

Pero estas estructuras cíclicas no son posibles, ya que la distancia del oxígeno a los dos átomos de C es desproporcionada. Hay que acercar los dos átomos de C que intervienen en el puente de oxígeno, así aparece la proyección de Haworth.



Las fórmulas de proyección de Haworth se representan mediante anillos hexagonales o pentagonales en cuyos vértices se sitúan los carbonos (éstos se omiten) y el puente de O.

Para construir una fórmula cíclica, se siguen las siguientes normas:

- Se representan con trazos gruesos los enlaces situados por delante del plano del papel y con trazos finos los que se encuentran por detrás. El anillo quedaría perpendicular al papel.
- Las fórmulas que presentan anillos pentagonales se denominan furanosas, y las que presentan anillos hexagonales, reciben el nombre de piranosas.
- Los grupos -OH y -H, que en la fórmula lineal estén situados hacia la derecha, quedan hacia abajo, excepto a nivel del C-5 en las hexosas y del C-4 en las pentosas, donde se produce una rotación de tal manera que el -H que está a la izquierda queda hacia abajo.
- El grupo -OH que determina la forma α está a la derecha por lo tanto se coloca hacia abajo, y en la forma β se sitúa hacia arriba.

De todo lo anterior se deduce que el nombre completo de un monosacárido debe indicar:

1. El tipo de anómero (α o β).
 2. El tipo de enantiomorfo (D o L).
 3. El nombre del monosacárido (glucosa, ...) terminado en furanosa o piranosa.
- Ej: β -D-glucopiranosas.

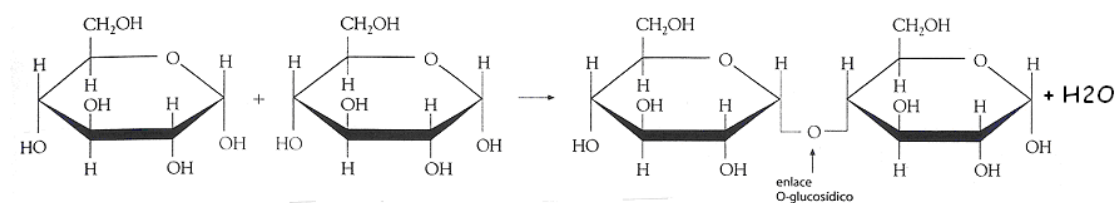
3. OLIGOSACÁRIDOS.

Son glúcidos formados por la unión de 2 a 10 monosacáridos mediante enlaces O-glucosídicos.

3.1 EL ENLACE O-GLUCOSÍDICO.

Se establece entre dos grupos -OH de diferentes monosacáridos, desprendiéndose una molécula de agua. Este enlace puede ser:

- . **Monocarbonílico:** cuando se establece entre el carbono anomérico del primer monosacárido y un C cualquiera del segundo monosacárido.
- . **Dicarbonílico:** cuando se establece entre los dos carbonos anoméricos. En este caso, la molécula no posee poder reductor, pues éste procede de la existencia de -OH anoméricos libres.



3.2 DISACÁRIDOS.

Están formados por la unión de 2 monosacáridos mediante un enlace O- glucosídico.

Presentan las mismas propiedades que los monosacáridos: son solubles en agua, cristalizables y de sabor dulce. Algunos carecen de poder reductor.

Para nombrarlos se siguen estas normas:

. En primer lugar se escribe el nombre del monosacárido que aporta el -OH del grupo carbonilo en la unión, añadiéndole la terminación **-osil**.

. A continuación, se expresan entre paréntesis los carbonos participantes en el enlace, separados por una flecha.

. Por último, se escribe el nombre del segundo monosacárido, con la terminación **-osa**, si el enlace es monocarbónico, o con la terminación **-ósido**, si es dicarbónico.

Sin embargo, normalmente se emplea una denominación más corta, que alude a los productos donde se encuentran. Por ejemplo, la β -D-galactopiranosil (1 \rightarrow 4) α -D-glucopiranososa, se llama también lactosa.

Los disacáridos más importantes son: la maltosa, la celobiosa, la lactosa y la sacarosa.

. Maltosa.

Disacárido formado por dos moléculas de D-glucopiranososa unidas por un enlace α (1 \rightarrow 4). La maltosa se encuentra en el grano germinado de la cebada (que se utiliza para elaborar cerveza y malta).

. Celobiosa.

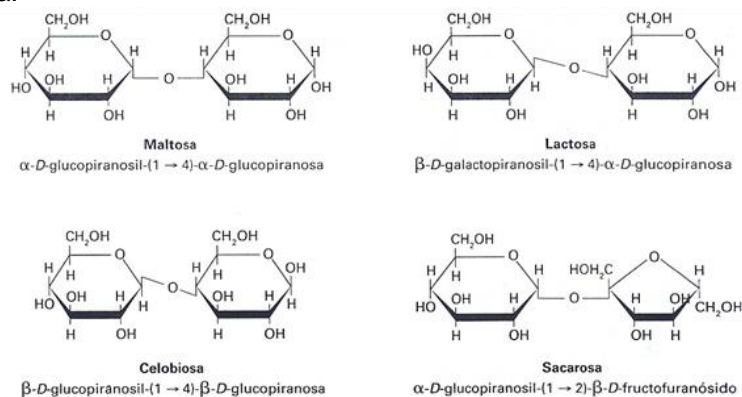
Formada por dos D-glucopiranosas unidas mediante un enlace β (1 \rightarrow 4). No se encuentra libre en la naturaleza, se obtiene por hidrólisis de la celulosa.

. Lactosa.

Formada por una molécula de β -D-galactopiranososa y otra de α -D-glucopiranososa unidas mediante enlace β (1 \rightarrow 4). Se encuentra libre en la leche de los mamíferos.

. Sacarosa.

Formada por una molécula de α -D-glucopiranososa y otra de β -D- fructofuranosa unidas por un enlace dicarbónico α (1 \rightarrow 2). Se encuentra en la naturaleza en la caña de azúcar y en la remolacha azucarera.



3.3 TRISACÁRIDOS.

El más abundante en la naturaleza es la **rafinosa** (fructosa + glucosa + galactosa) que se encuentra en la remolacha azucarera y en las semillas de algodón.

4. POLISACÁRIDOS.

Están formados por la unión de muchos monosacáridos, iguales (homopolisacáridos) o diferentes (heteropolisacáridos), mediante enlaces O-glucosídicos, dando lugar a largas cadenas lineales o ramificadas.

Son macromoléculas de elevado peso molecular, de ahí que algunos polisacáridos sean insolubles en agua (celulosa) y otros formen dispersiones coloidales (almidón). No son dulces, ni cristalinos. Tampoco poseen poder reductor, ya que no tienen carbonos anoméricos con grupos -OH libres.

4.1 HOMOPOLISACÁRIDOS.

Polímeros formados por la repetición de un mismo tipo de monosacárido.

Su función depende del tipo de enlace glucosídico, α o β . Si presentan enlaces α , el polisacárido desempeña función de reserva, pues estos enlaces se hidrolizan fácilmente liberando los monosacáridos cuando sea necesario. Por el contrario si los enlaces son de tipo β , los polisacáridos realizan funciones estructurales, ya que estos enlaces son más estables (las enzimas que los hidrolizan son poco comunes).

- Polisacáridos de reserva.

. Almidón.

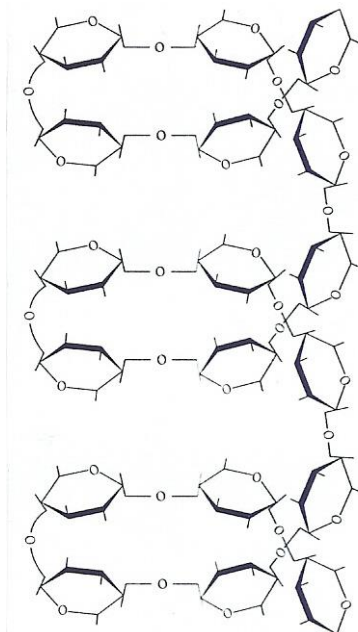
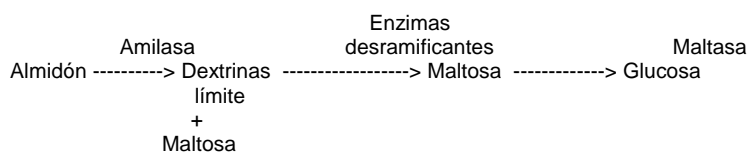
Es el homopolisacárido de reserva de las plantas. Se encuentra en el interior de las células vegetales en unas estructuras llamadas amiloplastos, sobre todo en semillas y tubérculos.

Aunque se considera el almidón como un polímero de α -D-glucosas, en realidad está compuesto por dos tipos de moléculas:

- Amilosa. Está formada por moléculas de α -D-glucosas unidas mediante enlaces α (1 \rightarrow 4) en una cadena sin ramificar. Esta cadena adopta una disposición helicoidal y tiene seis glucosas por cada vuelta de hélice.

- Amilopectina. También está constituida por α -D-glucosas, aunque forma una cadena ramificada en la que existen uniones α (1 \rightarrow 4) como en el caso anterior, y enlaces α (1 \rightarrow 6) que originan puntos de ramificación cada doce monómeros.

La hidrólisis total del almidón origina glucosa, pero durante el proceso se obtienen otros compuestos intermedios:

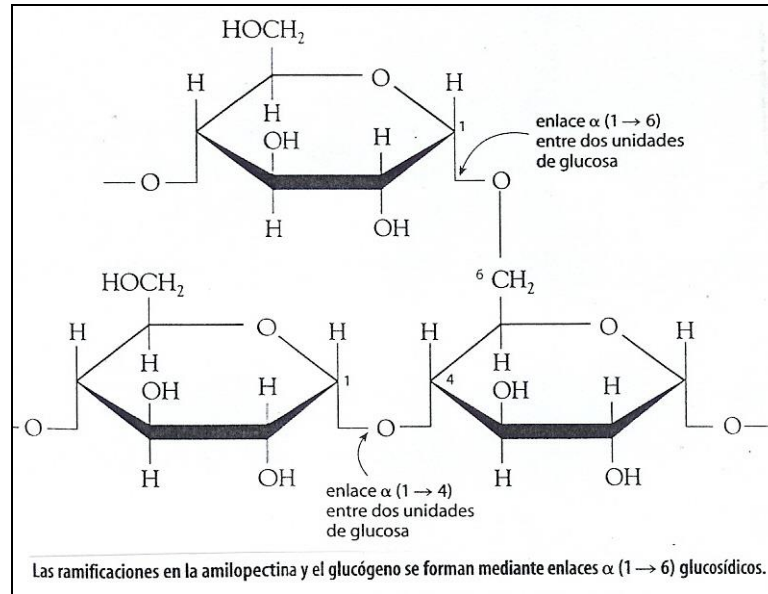


Arrollamiento helicoidal de la amilosa.

. Glucógeno.

Es el polisacárido de reserva de los animales. Se localiza principalmente en el hígado y en los músculos estriados.

Es un polímero de α -D-glucopiranosas con una estructura semejante a la de la amilopectina, aunque con ramificaciones más juntas (aproximadamente, cada 8 ó 10 glucosas). Su hidrólisis es similar a la del almidón.



- Polisacáridos estructurales.

. Celulosa.

Es el componente principal de la pared de las células vegetales.

Es un polímero lineal de β -D-glucopiranosas, con enlaces β (1 \rightarrow 4). Dos de estas moléculas forman una celobiosa. Las largas cadenas de celobiosas (hasta 5000 moléculas) se pueden disponer paralelamente uniéndose mediante puentes de H dando microfibrillas (visibles al microscopio electrónico), las cuales se unen y dan fibrillas (visibles con microscopio óptico) que, a su vez, se agrupan en fibras ya visibles.

La mayor parte de los animales no pueden digerir la celulosa por carecer de la enzima que la hidroliza, la celulasa. Sin embargo, los herbívoros y algunos insectos, como los termites, se nutren con celulosa, ya que, en su aparato digestivo, poseen microorganismos simbiotes capaces de producir celulasa.

. Quitina.

Este polisacárido estructural es el componente principal del exoesqueleto de los artrópodos (insectos, crustáceos, etc.) y de la pared celular de los hongos.

La quitina es un polímero no ramificado de N-acetil-D-glucosamina unido mediante enlaces β (1 \rightarrow 4).

4.2 HETEROPOLISACÁRIDOS.

Son polisacáridos formados por dos o más monosacáridos distintos (o derivados de éstos, como ácidos o ésteres).

Los más conocidos son:

. **Pectina.**

Junto con la celulosa, se encuentra en la pared celular de los vegetales. Abunda en la manzana, pera, ciruela y membrillo. Se utiliza como gelificante en la industria alimentaria (ej. para mermeladas).

. **Hemicelulosa.**

También se encuentra en las paredes de las células vegetales.

. **Agar- agar.**

Se encuentra en las algas rojas. Se utiliza en microbiología para preparar medios de cultivo y en la industria alimentaria como espesante.

. **Gomas.**

Son sustancias viscosas segregadas por las plantas, que sirven para cerrar sus heridas, entre ellas destaca la goma arábiga.

. **Mucopolisacáridos.**

Son heteropolisacáridos de origen animal. Los más importantes son:

- **Acido hialurónico**, que se encuentra en el tejido conjuntivo, en el líquido sinovial de las articulaciones y en el humor vítreo del ojo.
- **La condroitina**, que se localiza en los huesos y los cartílagos.
- **La heparina**, sustancia anticoagulante (impide que la protrombina se convierta en trombina) que se localiza en los pulmones, hígado, etc.

5. HETERÓSIDOS.

Los heterósidos son moléculas constituidas por un glúcido unido a otra molécula no glucídica denominada **aglucón**. Según la naturaleza de éste, se distinguen:

5.1 GLUCOPROTEÍNAS.

En ellas el aglucón es una molécula de naturaleza proteica. Las principales glucoproteínas son:

. **Las glucoproteínas de la sangre**, como la protrombina y las inmunoglobinas.

. **Las hormonas gonadotrópicas** (LH y FSH).

. **Las glucoproteínas de las membranas celulares**, que pueden actuar como receptores de membrana de muchas sustancias, permitir el reconocimiento entre células del mismo tejido (fenómenos de rechazo), etc.

5.2 GLUCOLÍPIDOS. (Se verán en el tema siguiente al estudiar los lípidos).



1. Defina qué son los monosacáridos. Indique el nombre que reciben en función del número de átomos de carbono. Cite dos funciones biológicas de los monosacáridos. Nombre dos polisacáridos importantes y la función que realizan.
2. Explique la importancia biológica de los siguientes glúcidos: glucosa, ribosa, almidón y celulosa.
3. Exponga razonadamente la causa por la que podemos digerir el almidón y no la celulosa.
4. Cite dos ejemplos de monosacáridos con cinco átomos de carbono y otros dos con seis. Diferencie disacárido y polisacárido.
5. Represente la fórmula desarrollada de la glucosa.

