

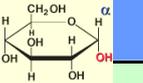
GLÚCIDOS

Son biomoléculas constituidas por Carbono (C), Hidrógeno (H), y Oxígeno (O). Aunque en ocasiones pueden contener Nitrógeno (N), Azufre (S), o Fósforo (P).

El nombre de glúcido deriva de la palabra "glucosa" que proviene del vocablo griego **glykys** que significa dulce, aunque no todos los glúcidos lo son. Su fórmula general suele ser: $(CH_2O)_n$, dependiendo de la complejidad. Como consecuencia de la relación existente entre el hidrógeno y el oxígeno, pasaron a designarse como carbono hidratado -carbohidratos- y de ahí su nombre de hidratos de carbono, aunque es un nombre poco apropiado ya que sus características físico-químicas no responden a dichas cualidades. El nombre más apropiado correspondería a sacáridos proveniente del griego **σάκχαρον** que significa "azúcar", siendo la raíz principal de los diferentes tipos de glúcidos (monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos).

1. Clasificación

Se pueden clasificar según diferentes criterios: por la capacidad de hidrólisis en sus unidades estructurales:

<p style="text-align: center;">OSAS o Monosacáridos</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ </div> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ </div> </div> 	<p>Aldosas: Caracterizadas por poseer un grupo aldehído:</p> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C}-\text{H} \\ \end{array}$ <p>Aldehído</p> </div>	<p>Triosa (3C) Aldotriosa</p> <p>Tetrosa (4C) Aldotetrosa</p> <p>Pentosa (5C) Aldopentosa</p> <p>Hexosa (6C) Aldohehexosa</p>		
	<p>Cetosas: Caracterizadas por poseer un grupo cetónico:</p> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \\ \text{C}=\text{O} \\ \end{array}$ <p>Cetona</p> </div>	<p>Triosa (3C) Cetotriosa</p> <p>Tetrosa (4C) Cetotetrosa</p> <p>Pentosa (5C) Cetopentosa</p> <p>Hexosa (6C) Cetohehexosa</p>		
	<p>OSIDOS</p>	<p>Holósidos (Sólo glúcidos)</p>	<p>Oligosacáridos (Polímero de 2 a 10 monosacáridos)</p>	<p>Disacáridos → 2 monosacáridos</p> <p>Trisacáridos → 3 monosacáridos</p> <p>Oligosacáridos 4-10 monosacáridos</p>
			<p>Polisacáridos (Polímero de más de 10 monosacáridos)</p>	<p>Homopolisacáridos</p> <p>Polímetro de 1 sólo tipo de monosacárido</p>
				<p>Heteropolisacáridos</p> <p>Polímetro de más de 1 tipo de monosacárido</p>
		<p>Heterósidos (Glúcido +.....)</p>	<p>Glucolípidos</p> <p>Glucoproteínas</p>	<p>Unión glúcido-lípido</p> <p>Unión glúcido-proteína</p>

2. Monosacáridos u osas

Son aquellos que no experimentan hidrólisis, antes de ingresar a la célula; pueden considerarse como los más simples. Características:

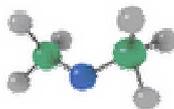
- Responden a la fórmula empírica $(CH_2O)_n$, donde $3 \leq n \leq 8$
- Químicamente son considerados polihidroxialdehídos/cetonas
- Tienen carácter reductor por la posibilidad de oxidación del grupo carbonilo
- Son solubles en agua e insolubles en disolventes no polares.
- No pueden ser hidrolizados en biomoléculas más sencillas.
- La mayoría tienen sabor dulce.
- Son los llamados azúcares junto con algunos disacáridos.
- Son Blancos y cristalinos en estado sólido.

Estructura e isomerías.

Isomerías: Los isómeros son compuestos que tienen idéntica fórmula molecular, pero diferentes propiedades, esto es debido a que los átomos están conectados u orientados en el espacio de diferente forma. Se distinguen varios tipos de isomerías:

- **Isómeros estructurales:** Diferencias en la composición de la cadena (orden en el que se enlazan los átomos en la cadena)
 - Isomería funcional: los átomos se conectan dando lugar a diferentes grupos funcionales. Por ejemplo:

CH_3-O-CH_3
Dimetileter

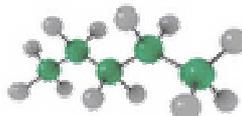


CH_3-CH_2OH
Etanol

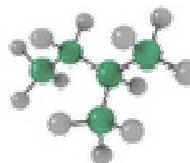


- Isomería de cadena: Los átomos de carbono se conectan de diferente forma entre sí. Por ejemplo:

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$,
Butano

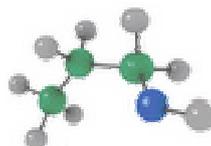


$CH_3-CH_2(CH_3)-CH_3$
2-metilpropano



- Isomería de posición: En una misma cadena, el grupo funcional cambia de posición. Por ejemplo:

$CH_3-CH_2-CH_2OH$
1-propanol



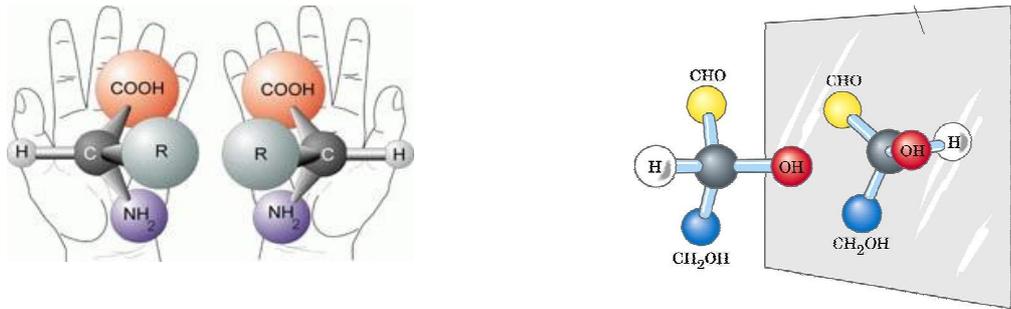
$CH_3-CH(OH)-CH_3$
2-propanol



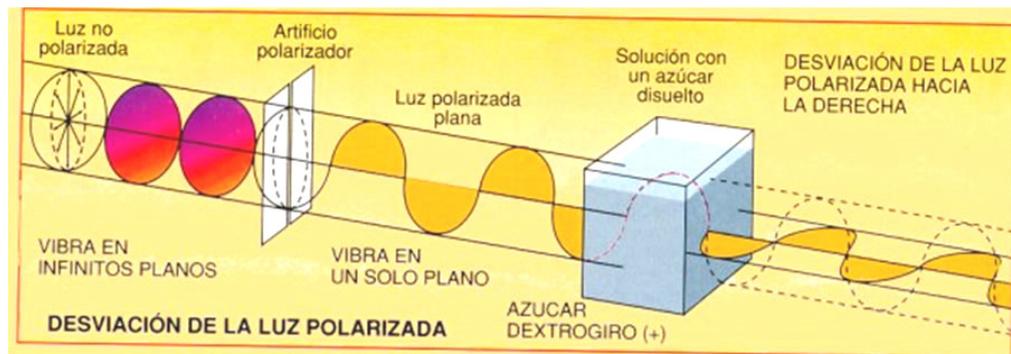
- **Isomería espacial o estereoisomería:** Unión de los mismos átomos pero diferente disposición espacial.
 - Isomería conformacional: Los isómeros son interconvertibles mediante rotaciones sobre enlaces sencillos. Buscan la estabilidad energética (no la

damos)

- **Isomería configuracional:** Las moléculas presentan diferente configuración y no se pueden interconvertir.
 - **Isomería óptica: *Enantiomería*.** Cuando un compuesto tiene al menos un átomo de **carbono asimétrico** o **quiral**, es decir, un átomo de carbono con cuatro sustituyentes diferentes, pueden formarse dos variedades distintas llamadas **estereoisómeros** ópticos, **enantiómeros**, formas enantiomórficas o **formas quirales**.

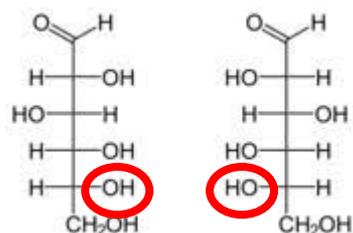


Los isómeros ópticos no se pueden superponer y uno es la imagen especular del otro. Presentan las mismas propiedades físico-químicas pero desvían el plano de la luz polarizada en diferentes direcciones.



- ✓ Si desvía la luz polarizada hacia la derecha se representa con el signo (+): es el isómero dextrógiro o forma dextro.
- ✓ Si la desvía hacia la izquierda se representa con el signo (-): es el isómero levógiro o forma levo.

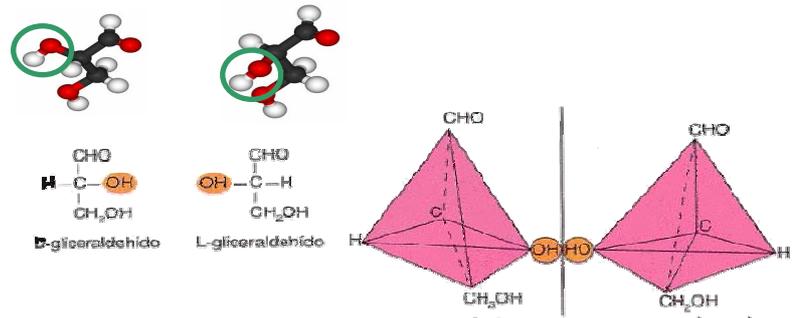
Otra forma de nombrar estos compuestos es mediante el convenio o nomenclatura D-L, normalmente empleando la proyección de Fischer. Cuando la molécula presenta más de un carbono quiral, será considerada la forma D aquella que presente el grupo funcional más importante del último carbono quiral (en glúcidos el penúltimo) orientado a la derecha.



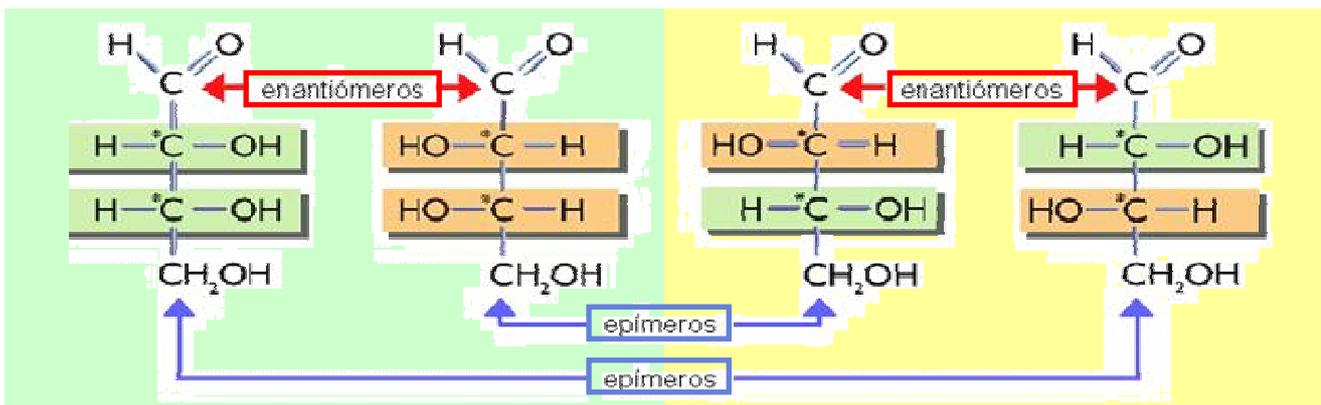
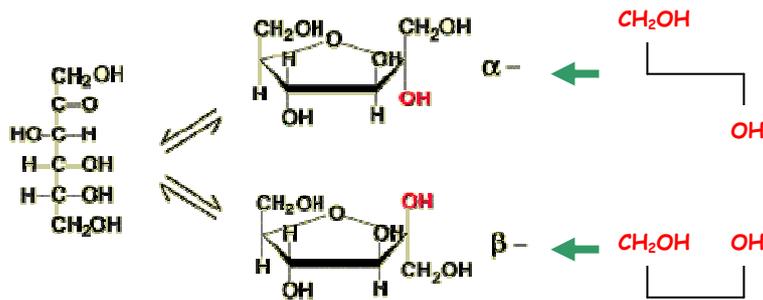
D-Glucosa L-Glucosa

Esta nomenclatura es absoluta pero no necesariamente la forma (D) coincide con el isómero dextrógiro o forma (+).

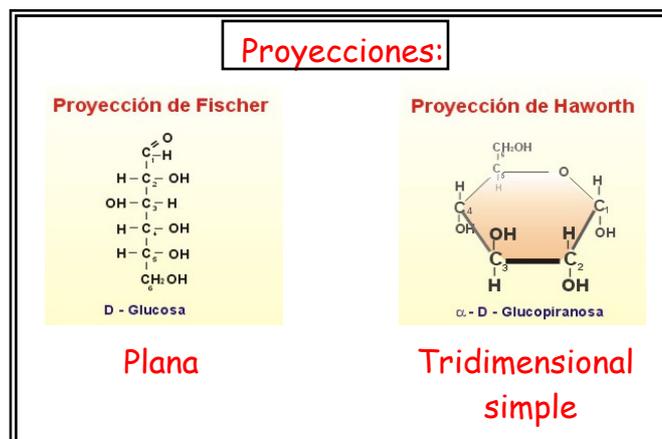
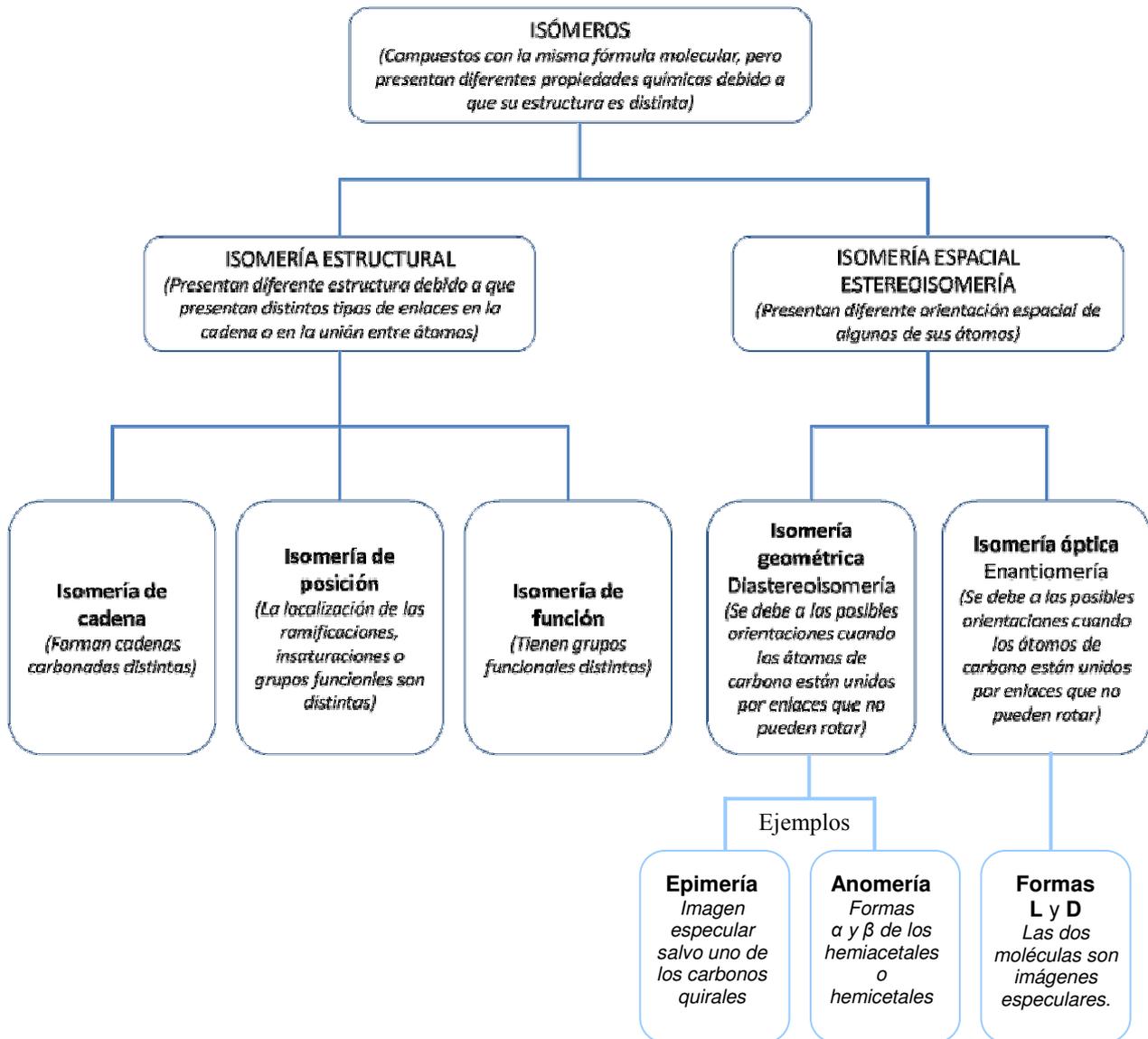
Si una molécula tiene n átomos de carbono asimétricos, tendrá un total de 2^n isómeros ópticos



- **Isomería geométrica: Diastereoisomería:** Son las parejas de estereoisómeros que no son imágenes especulares entre sí. Se conocen como **epímeros** aquellas moléculas que difieren exclusivamente en la posición de los sustituyentes de uno de los carbonos quirales, manteniendo la disposición espacial del resto. Se conocen como **anómeros**, las moléculas de los monosacáridos que han formado un hemiacetal o hemicetal, en función de la posición de entrada del grupo hidroxilo sobre el carbono carbonilo. Si su orientación es bajo el plano: α o β , si su orientación es sobre el plano.



Esquema general de isomerías:

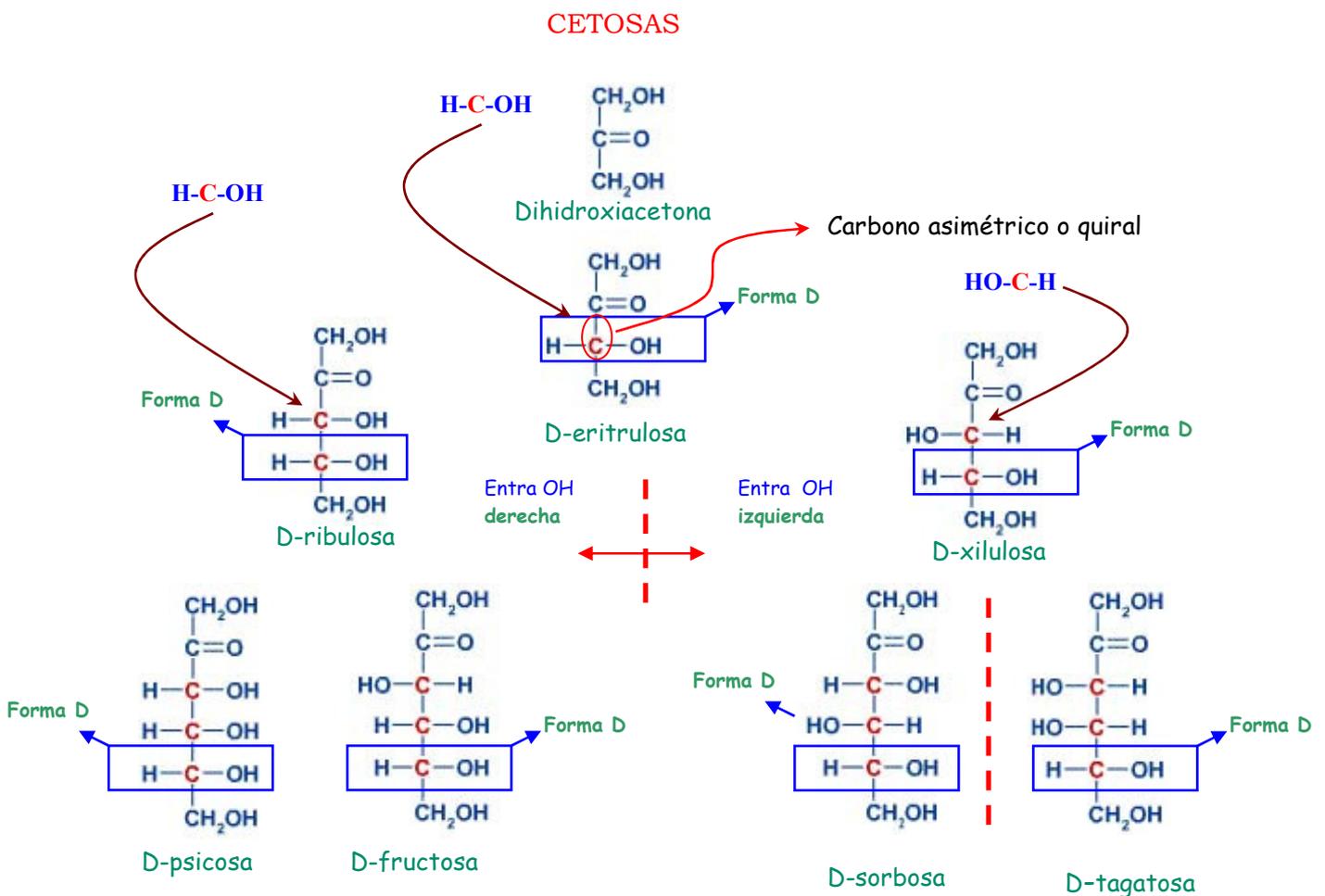


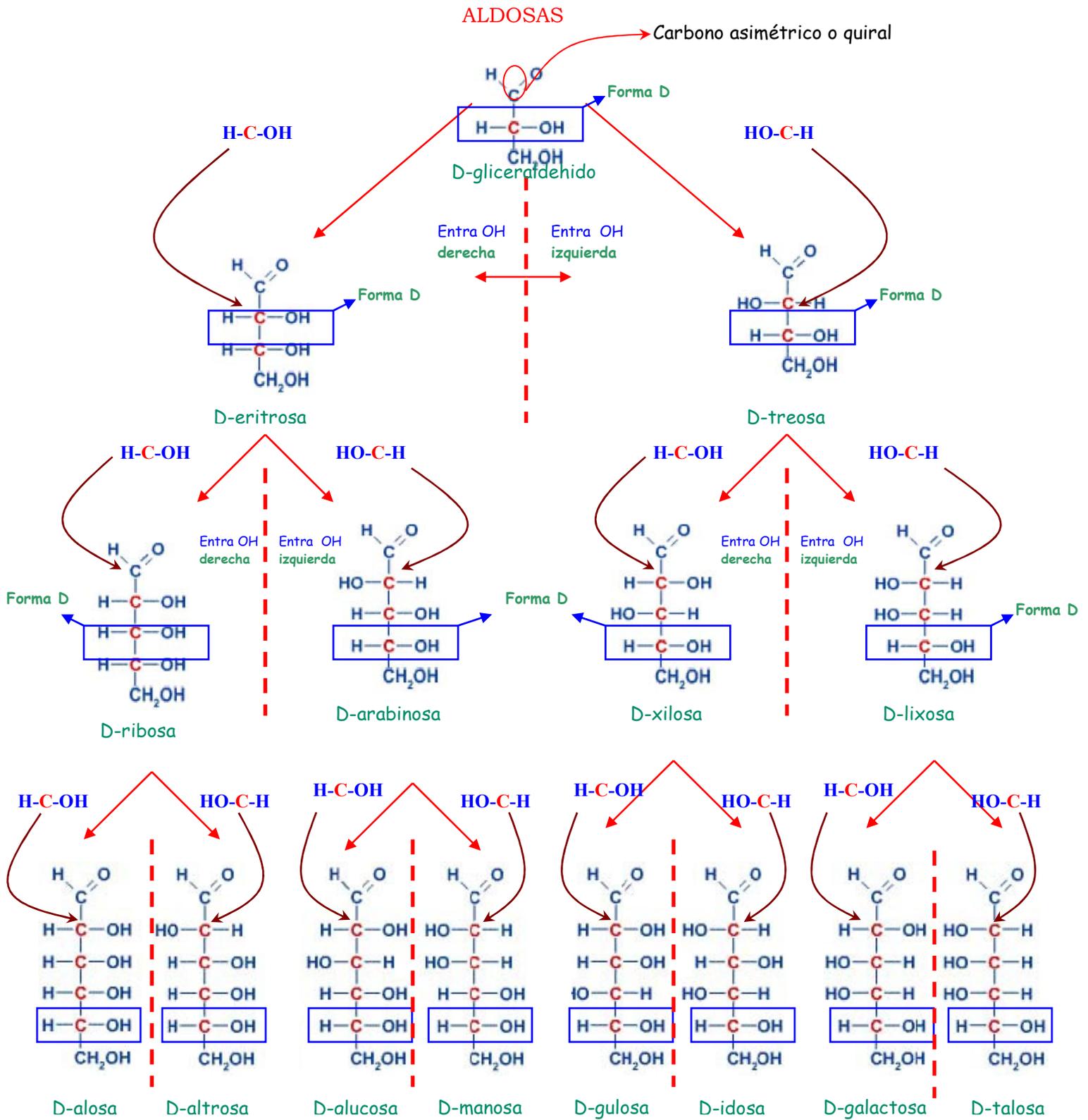
Estructura: Están constituidos por una cadena carbonatada de 3 a 8 átomos de carbono, denominándose respectivamente triosas (CH₂O)₃, tetrasas (CH₂O)₄, pentosas (CH₂O)₅, hexosas (CH₂O)₆, heptosas (CH₂O)₇ y octosas (CH₂O)₈, aunque biológicamente son las hexosas y las pentosas las que mayor importancia tienen. Presentan todos los átomos de carbono menos uno unidos a alcoholes. Al átomo de carbono restante se le une un grupo carbonilo. La posición de dicho grupo los divide estructuralmente en dos series distintas:

1. Aldosas: con el grupo carbonilo en el primer carbono de la cadena- aldehído-
2. Cetosas: con el grupo carbonilo en el segundo átomo de la cadena-cetona-

Como consecuencia de la presencia de carbonos quirales a lo largo de la molécula, presentan **estereoisomería** y en concreto isomería óptica o **enantiomería**, lo que permite diferenciar espacialmente las moléculas según la posición del grupo hidroxilo (-OH) del penúltimo átomo de carbono.

- Si se encuentra a la derecha en el carbono asimétrico determina el isómero D.
- Si está situado a la izquierda es un isómero L.





Reacción de condensación o ciclación de un monosacárido

En la naturaleza, los azúcares presentes en una solución acuosa no son muy estables si se encuentran en forma lineal, es por ello que no son muy abundantes en esta forma, sin embargo, existen en la solución en forma de moléculas cíclicas que son más estables. Estas moléculas son los hemiacetales y las hemicetales

El grupo carbonilo (C=O) es un grupo muy reactivo y forma hemiacetales al reaccionar con un grupo hidroxilo (-OH) propio o de otra molécula. En el caso de que la cadena del azúcar sea lo suficientemente larga (4-6 átomos de carbono), uno de los grupos hidroxilo de la misma molécula puede reaccionar con el grupo carbonilo para formar un hemiacetal cíclico, que se halla en equilibrio con la forma de aldehído o de cetona libre. Esta reacción de condensación se realiza en medio acuoso, en la que no encontramos cadenas lineales de azúcares de 5 o 6 átomos de carbono. Durante la reacción, la molécula no pierde ni gana ningún átomo. Sólo se condensa. Los éteres de hidroxilo hemiacetalítico reciben el nombre de glucósidos:

- **Enlace hemiacetalítico.**-es un enlace que se produce en monosacáridos de la familia de las aldosas, reaccionan el grupo aldehído (CHO) con un grupo hidroxilo (OH) sufriendo una condensación, que origina que la molécula del carbohidrato de ser lineal, se convierta en cíclica.
- **Enlace hemicetónico.**-es un enlace que se produce en monosacáridos de la familia de las cetosas, reaccionan el grupo cetónico (C=O) con un grupo hidroxilo (OH) sufriendo una condensación, que origina que la molécula del carbohidrato de ser lineal, se convierta en cíclica.

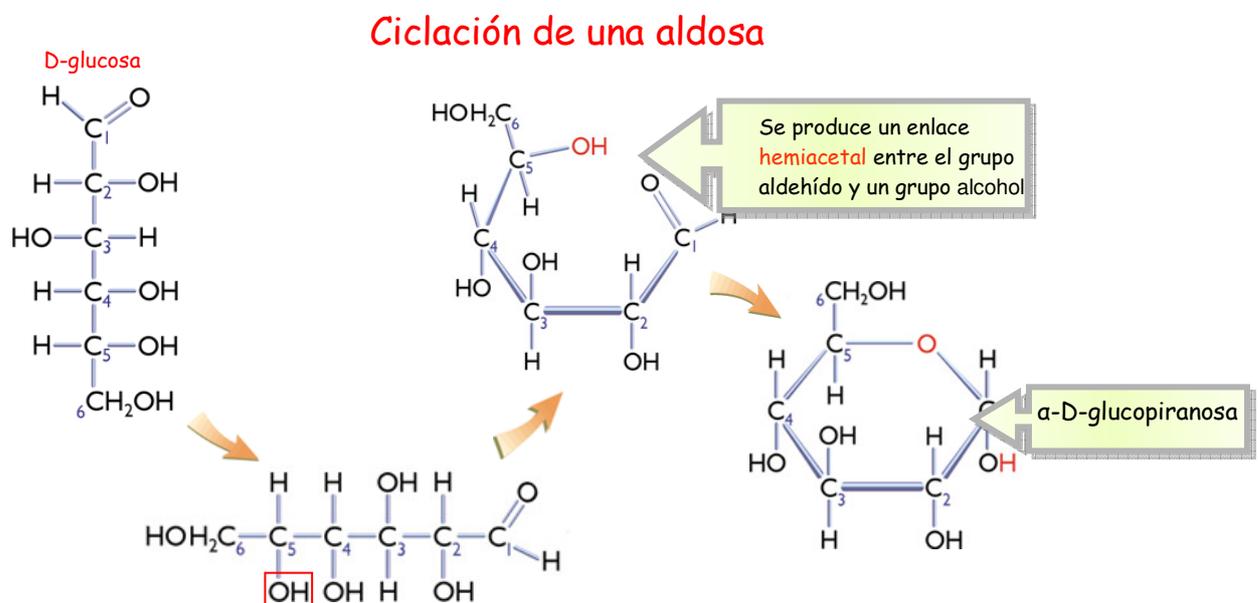


Fig. 14

Cuando el ciclo formado es hexagonal (pirano), se nombra con el prefijo del azúcar y la terminación **piranosa**, (Fig. 14). En caso de ser un pentagonal (furano), se la añade la terminación **furanosa** (Fig. 15).

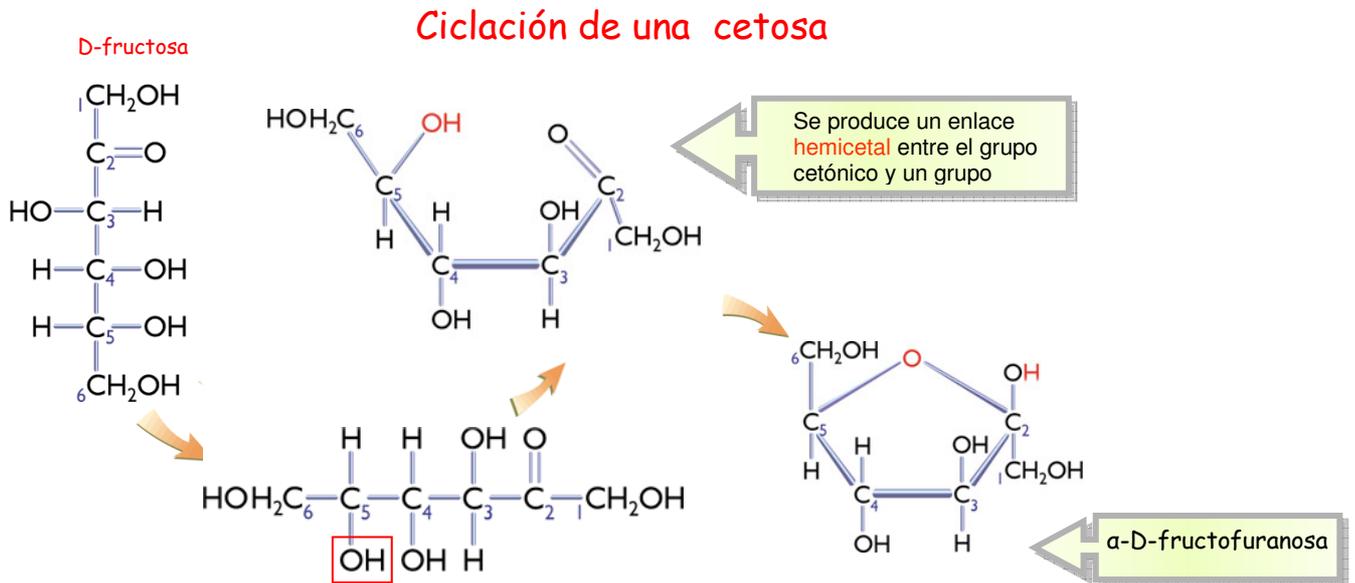


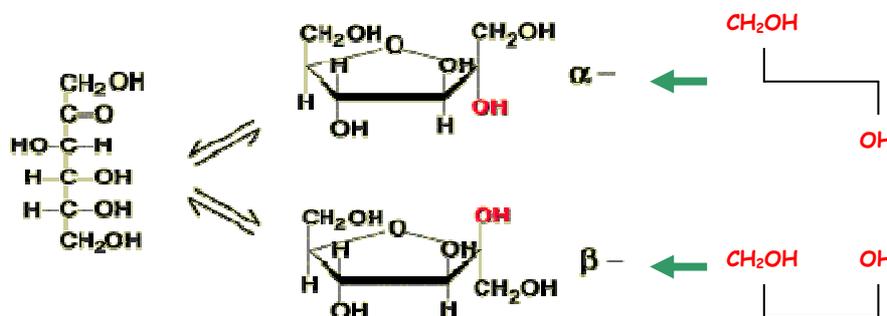
Fig. 15

El carbono carbonílico, correspondiente a los grupos aldehído y cetona se designan en la fórmula cíclica con el nombre de **carbono anomérico** (C2 en furanosas y C1 en piranosas), y queda unido a un grupo hidroxilo. (-OH)

La posición de dicho grupo hidroxilo en el carbono anomérico determina un tipo de **anomería**. Existen así dos formas anoméricas:

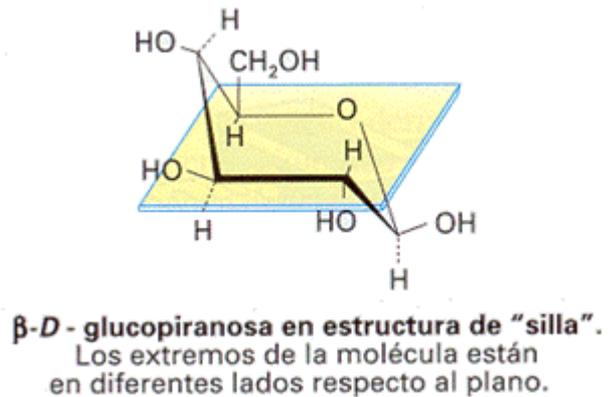
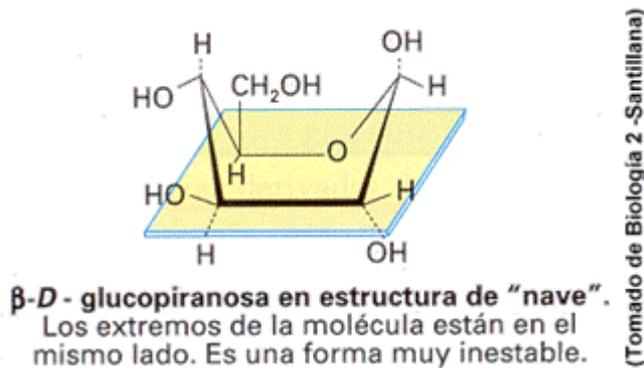
- **Forma alfa:** (α).- El grupo hidroxilo del carbono anomérico queda en distinto plano del carbono 6, es decir entra por la parte inferior.
- **Forma beta:** (β).- El grupo hidroxilo del carbono anomérico queda en el mismo plano que el carbono 6, es decir entra por la parte superior.

De esta forma, por ejemplo la glucosa, el monosacárido más común, se puede representar de dos maneras:



La conformación real de los monosacáridos en disolución varía con respecto a la propuesta realizada por Haworth, ya que teniendo las moléculas enlaces covalentes sencillos, no van a ser planas debido a los cambios conformacionales en el espacio ocasionados por las fuerzas de atracción y repulsión entre sus átomos. Hay que recordar que el enlace simple permite el giro. Se han sugerido dos formas de

representación, en silla y en bote, en las que los carbonos C₂ C₃ y C₅ y el oxígeno están en el mismo plano. La conformación en silla es más estable que la conformación en nave porque hay menos repulsiones electrostáticas.



Reactividad de los monosacáridos

- Los monosacáridos se comportan como moléculas reductoras, debido a la capacidad de su grupo carbonilo de oxidarse para formar un ácido carboxílico.
- Si a un monosacárido se le somete a la presencia de un ácido concentrado, originan una deshidratación del azúcar para dar lugar a furfural, que son derivados aldehídicos del furano. Estos se condensan con los fenoles para dar colorantes típicos utilizados en el análisis de los azúcares.
- Si a un monosacárido se le somete a una base diluida a temperatura ambiente, se inducen reordenaciones en torno al átomo de carbono anomérico y su carbono adyacente, sin afectar a los sustituyentes de los demás átomos de carbono.
- El tratamiento con bases fuertes a temperaturas elevadas hacen que los monosacáridos libres experimenten reordenaciones, fragmentación o polimerización. Sin embargo, muchos oligosacáridos y los polisacáridos son estables frente a las bases.

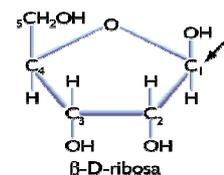
Monosacáridos de interés biológico

o Triosas

Gliceraldehido y Dihidroxiacetona: Se encuentran en forma de ésteres de fosfato en el interior de las células, participando como intermediarios en el metabolismo de la glucosa.

o Pentosas

Ribosa: Forma parte estructural del ácido ribonucleico (ARN) y de otros nucleótidos no nucleicos como el ATP, GTP...



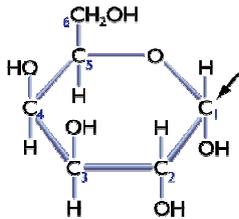
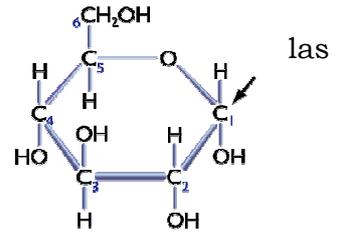
$\begin{array}{c} | \\ \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{C}_2=\text{O} \\ | \\ \text{H}-\text{C}_3-\text{OH} \\ | \\ \text{H}-\text{C}_4-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{OH} \\ \text{5} \end{array}$ *Arabinosa:* Se encuentra en la goma arábiga (resina de algunas acacias de interés comercial), y constituye uno de los pocos ejemplos de forma L.

$\begin{array}{c} | \\ \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{C}_2=\text{O} \\ | \\ \text{H}-\text{C}_3-\text{OH} \\ | \\ \text{H}-\text{C}_4-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{OH} \\ \text{5} \end{array}$ *Ribulosa:* Actúa como intermediario activo en la fijación de CO₂ atmosférico en los organismos autótrofos. (RUBISCO)

β -D-ribulosa

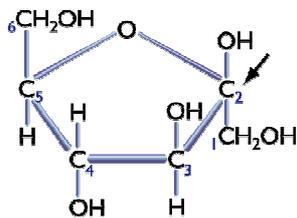
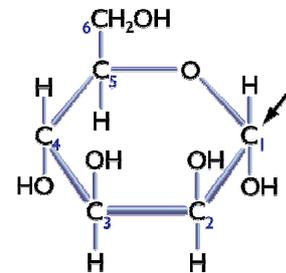
o Hexosas

Glucosa: Se le conoce también como azúcar de la uva. Se encuentra en todos los organismos vivos, y en especial en los vegetales. En los frutos aparece en forma libre, mientras que en el interior de células aparece como elemento de reserva formando el almidón, o en las paredes celulares formando parte de la celulosa. En los animales constituye la principal fuente de energía rápida. Circula por la sangre en forma libre en concentraciones de 1g por litro. Es la molécula que se degrada rápidamente en el catabolismo celular. También aparece almacenando formando el glucógeno, como elemento de reserva energética. Forma parte integral de numerosos heteropolisacáridos y heterósidos.



Galactosa: No se encuentra de forma libre ya que forma parte de disacáridos como la lactosa, así como de heteropolisacáridos y heterósidos.

Manosa: Es un componente de algunos polisacáridos vegetales, de bacterias y hongos. Es un intermediario metabólico de plantas y forma parte de algunos antibióticos como la estreptomicina (de origen bacteriano *Streptomyces*)

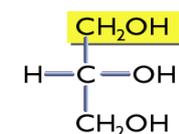
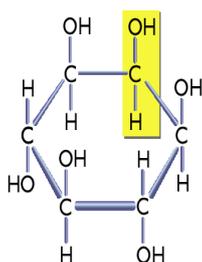


Fructosa: Se encuentra en las frutas libre o unida a la glucosa formando sacarosa. Actúa en líquido seminal como nutriente para los espermatozoides. Las células hepáticas la transforman en glucosa, por lo que su valor nutritivo es similar. Debido a su carácter fuertemente levógiro, es conocida también con el nombre de levulosa.

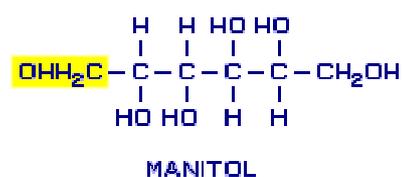
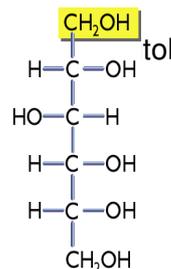
Derivados de monosacáridos

- **Polialcoholes:** El grupo carbonilo de los monosacáridos puede reducirse mediante hidrógeno gaseoso en presencia de catalizadores metálicos o con una amalgama de sodio en agua para formar los correspondientes azúcares alcoholes.

D-glucitol a partir de la D-glucopiranososa, se comercializa como edulcorante. El **D-manitol** a partir de la D-manosa. La **glicerina** a partir del gliceraldehído, es importante en la formación de los lípidos saponificables complejos, el inositol, **el mioinositol** componente de algunos fosfolípidos formadores de membrana.



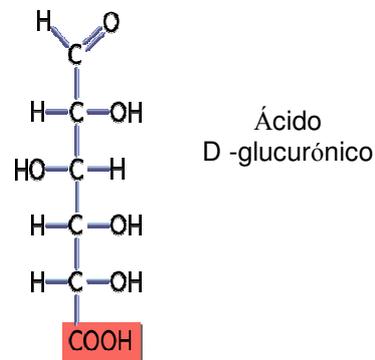
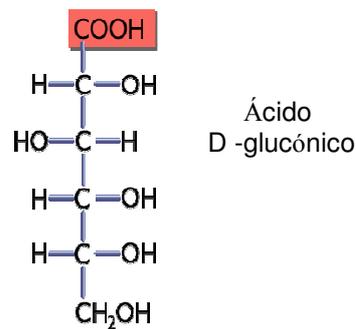
D - glicerol



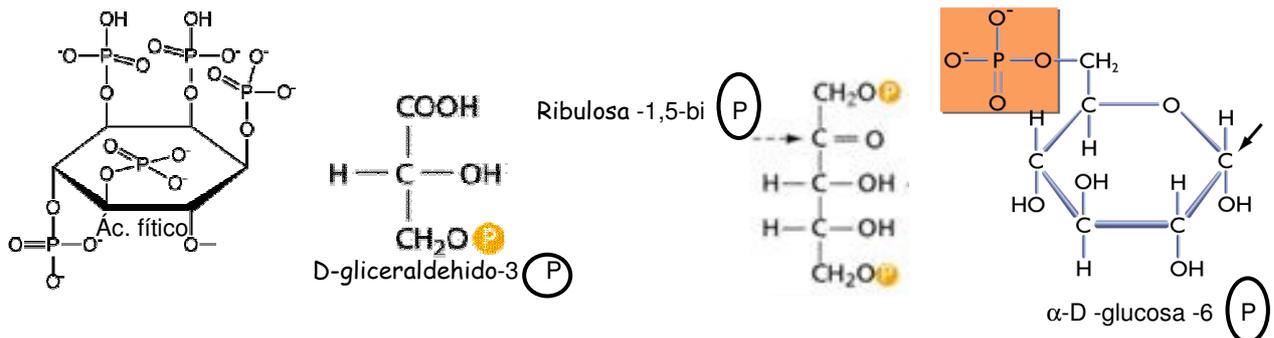
MANITOL

- **Azúcares ácidos:** pueden oxidarse a partir de su grupo carbonilo, o bien a partir de un grupo hidroxilo dando lugar a un ácido carboxílico. En función de la posición del átomo de carbono sobre el que se realiza la transformación podemos encontrar tres tipos de azúcares ácidos (aldónicos, aldáricos y urónicos) siendo solamente los aldónicos y los urónicos los más importantes biológicamente. Cuando una aldosa oxida el carbono carbonílico por la presencia de oxidantes suaves forma un ácido aldónico, como el **D-glucónico**, importante en el metabolismo de los glúcidos.

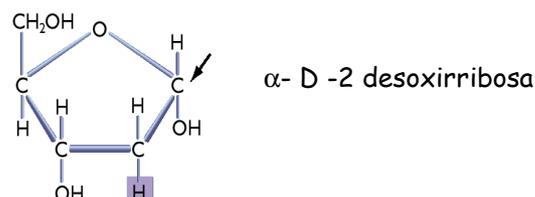
Si utilizamos un oxidante más fuerte, el carbono terminal, se oxida hasta formar un ácido carboxílico. Estos son los llamados ácidos urónicos. Como el **D-glucurónico**, el D- galacturónico que son parte estructural de numerosos heteropolisacáridos. Uno de los azúcares ácidos más importantes es el ácido ascórbico, o vitamina C que es la γ - lactona, que se oxida fácilmente a ac. deshidroascórbico.



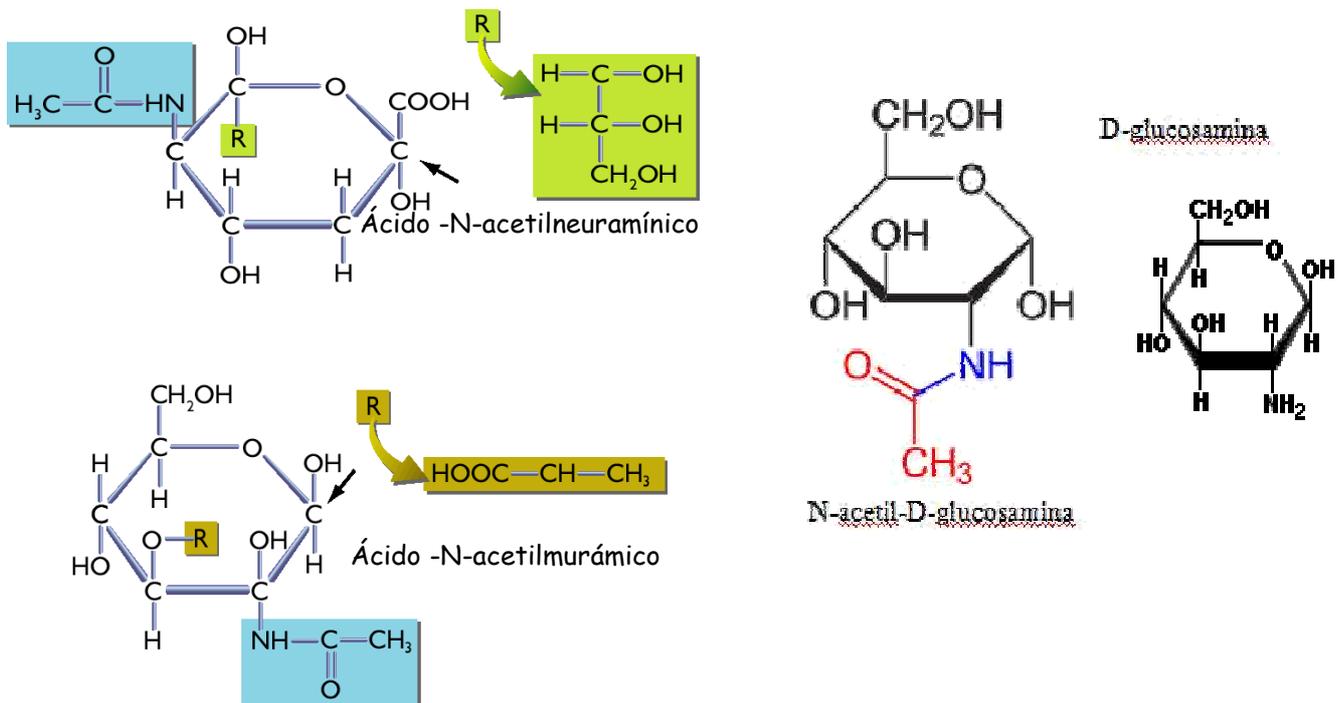
- **Fosfatos de azúcares:** Se encuentran en todas las células vivas, y consiste en la formación de enlaces fosfodiéster de un grupo hidroxilo de un azúcar con uno o más ácidos fosfóricos. Son intermediarios del metabolismo de los glúcidos. La glucosa-6-fosfato, **el gliceraldehido-3-fosfato**, **la ribulosa-1,5-bifosfato**; o el ácido fítico formador del medio extracelular de tejidos vegetales.



- **Desoxiazúcares:** Son monosacáridos que han sustituido un grupo hidroxilo por un hidrógeno mediante una reducción. El más abundante en la naturaleza es el **2-desoxirribosa**, componente estructural del ADN.



- **Aminoazúcares:** Diversos grupos hidroxilo de los monosacáridos se pueden sustituir por grupos amino. Cuando esto ocurre, no suelen encontrarse aislados, sino formando polímeros y en algunos casos se unen a otros radicales. Entre las más conocidas están la **D-glucosamina** (2-amino-2-desoxi-D-glucosa) que forma parte del cartílago, y la D-galactosamina (2-amino-2-desoxi-D-galactosa). La **N-acetil-β-D-glucosamina** que es la unidad molecular de la quitina, principal componente del exoesqueleto de los artrópodos; el ácido murámico y en concreto el ac. **N-acilmurámico**, que es un componente esencial de la pared bacteriana, y finalmente el ac. **N-acetilneuramínico** que se encuentra en el glucocalix de las células animales. Forma parte de los llamados ácidos siálicos, y está constituido por una cetosa de 9 átomos de carbono, cuyo origen es la condensación del ácido Pirúvico y la D-manosamina.

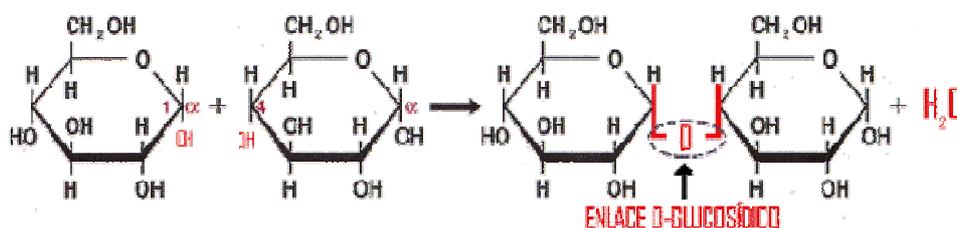


3. Ósidos

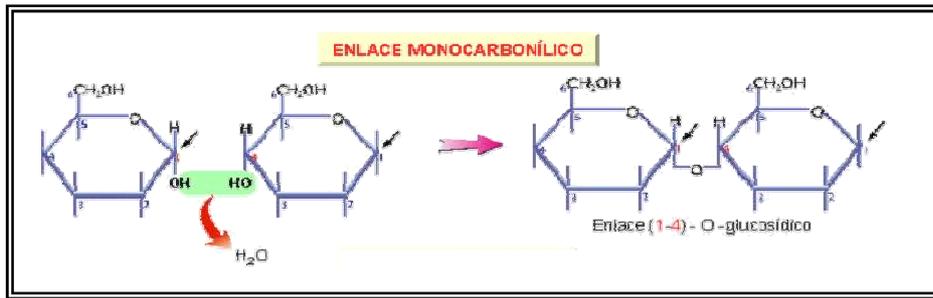
Son aquellos que resultan de la asociación de monosacáridos u osas a través de un “enlace” denominado enlace glucosídico.

El enlace O-glucosídico

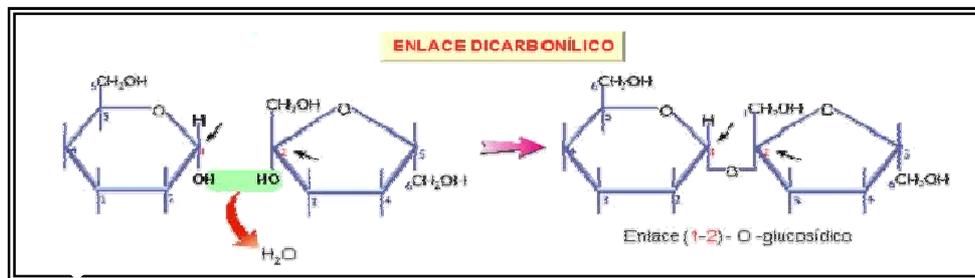
Constituye el enlace de unión entre monosacáridos para la formación de ósidos. Es estable frente a la acción de las bases, sin embargo se hidroliza frente a los ácidos. El enlace se establece entre dos grupos hidroxilo ($-\text{OH}$) de diferentes monosacáridos, mediante los cuales, tras una reacción de **deshidratación** (con pérdida de una molécula de agua), se origina un **enlace** tipo **éter** entre ambos monosacáridos.



- Cuando sólo uno de los hidroxilos pertenece a un carbono anomérico (carbono carbonílico) decimos que el enlace es **monocarbonílico** y conserva su **carácter reductor**.



- Cuando en la formación del enlace los grupos hidroxilo que intervienen de cada monosacárido son los asociados al átomo de carbono anomérico (carbono carbonílico), se dice que el enlace es **dicarbonílico** y la molécula resultante pierde su carácter reductor.



3.1. Holosidos

Son biomoléculas constituidas exclusivamente por monosacáridos unidos mediante enlace glucosídico puede ser: Oligosacáridos (2-10) o polisacáridos (>10)

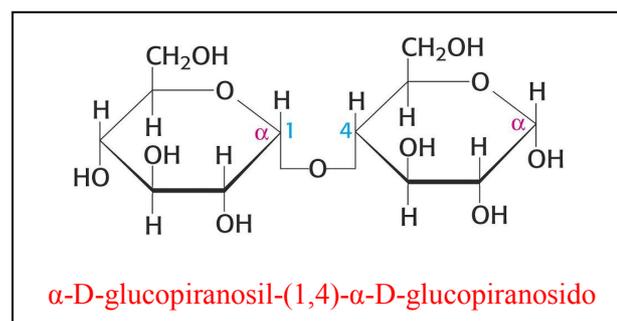
Disacáridos.

Son azúcares compuestos por dos residuos de monosacáridos unidos por un enlace glucosídico (éter), con pérdida de una molécula de agua. Según la posición del grupo hidroxilo del carbono anomérico del primer monosacárido, lo podemos designar como α o β .

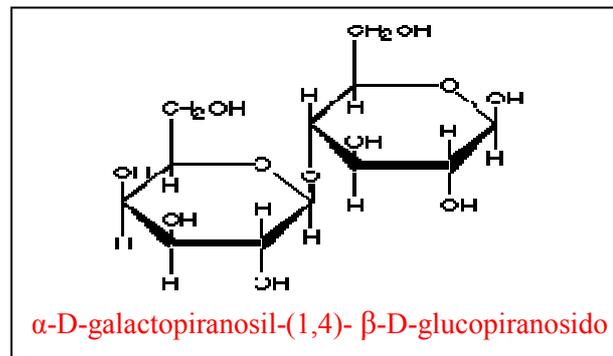
Los disacáridos se nombran indicando el lugar de formación del enlace glucosídico, el tipo de configuración cíclica y el nombre de los azúcares que intervienen. Por ejemplo, la lactosa es la 1- β -D-galactopiranosil-4- α -D-glucopiranososa. Dentro de los disacáridos más importantes encontramos:

a) Reductores

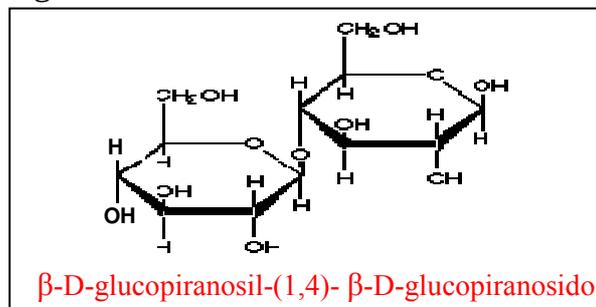
Maltosa: Es el llamado azúcar de malta. Aparece en granos de cebada germinada. Se obtiene también por hidrólisis del almidón y del glucógeno.



Lactosa: Constituye el azúcar de la leche de los mamíferos. En los seres humanos es necesaria la presencia de la enzima lactasa para la correcta absorción de la lactosa. Cuando el organismo no es capaz de asimilar correctamente la lactosa aparecen diversas molestias cuyo origen se denomina intolerancia a la lactosa.

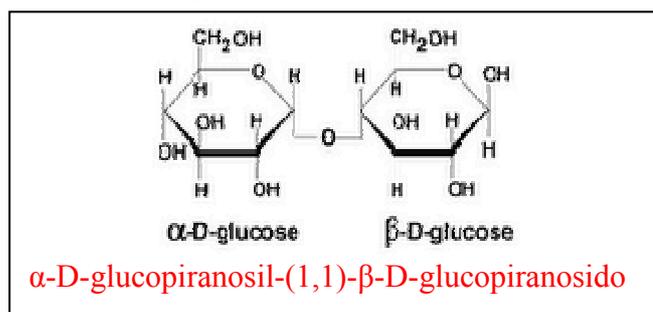


Celobiosa: Es un disacárido que en condiciones normales no se encuentra libre en la naturaleza. Proviene de la hidrolización por celulasas de la celulosa presente en la pared celular vegetal.

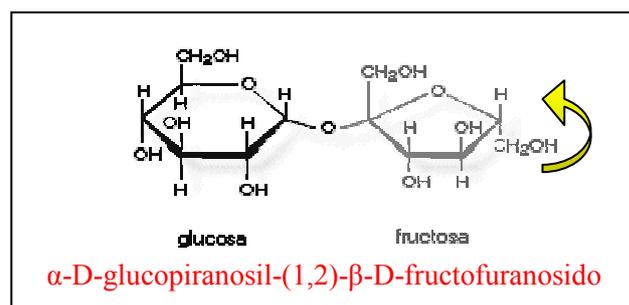


b) No reductores

Trealosa: Es un disacárido presente en hongos e insectos. En el intestino delgado se hidroliza por trehalasas rindiendo dos moléculas de glucosa. Es actualmente utilizado para bebidas de deportistas.

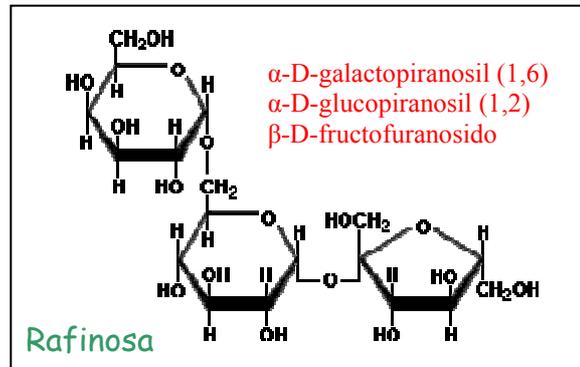


Sacarosa: Es el edulcorante más común utilizado. Se le conoce como el azúcar de caña o de remolacha. Es sintetizado por las plantas pero no por los animales, aunque está presente en la miel parcialmente hidrolizada. El hombre la hidroliza a través de la enzima sacarasa, que rinde glucosa y fructosa, esta última interconvertible en glucosa.



Trisacáridos.

Están formados por la condensación de tres moléculas de monosacáridos. Por ejemplo la rafinosa que es α -D-galactopiranosil [1 \rightarrow 6] α -D-glucopiranosil [1 \rightarrow 2] β -D-fructofuranosido es el azúcar de la remolacha y en otra muchas plantas vasculares. La melicitosa presente en coníferas...



Polisacáridos.

La mayor parte de los glúcidos encontrados en la naturaleza se presentan como polisacáridos de elevado peso molecular. También se les denomina poliósidos o glucanos. Están constituidos por más de 10 residuos de monosacáridos unidos mediante enlace glucosídico, dando lugar a largas cadenas ramificadas, lineales o moleculares.

Cuando el polisacárido está formado por la polimerización de un único monosacárido, es conocido como homopolisacárido, mientras que cuando están formados por la polimerización de más de un monosacárido, se les conoce como heteropolisacáridos.

En su constitución, pueden contener enlaces α o β . Esta característica está estrechamente relacionada con la función que desempeñan dichos polisacáridos. Los enlaces α son menos resistentes por lo que su función es principalmente de reserva. Por otra parte los enlaces tipo β son muy estables y resistentes, por lo que su función es fundamentalmente de tipo estructural.

Los polisacáridos no son considerados azúcares, ya que no poseen sabor dulce y debido a su longitud, pierden el carácter reductor. Algunos como la celulosa o la quitina pierden también su solubilidad. Otros como el glucógeno o el almidón forman dispersiones coloidales.

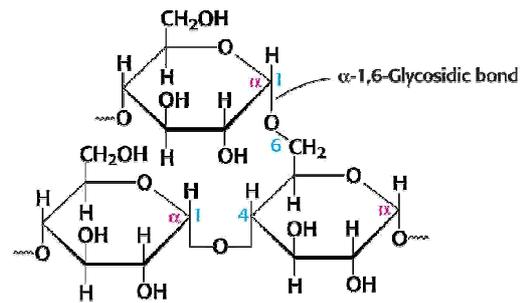
Homopolisacáridos: Están constituidos por un solo tipo de monosacárido repetido n veces. Se pueden clasificar atendiendo a su función:

Homopolisacáridos de reserva

Cualquier célula de un ser vivo, requiere grandes cantidades de energía para su funcionamiento. La glucosa, constituye la moneda energética del metabolismo celular. Para poder disponer fácilmente de ella, los seres vivos la almacenan en forma de polisacáridos que se acumulan formando dispersiones coloidales en el citoplasma celular. La influencia de estas macromoléculas en el citoplasma es nula ya que no producen presión osmótica:

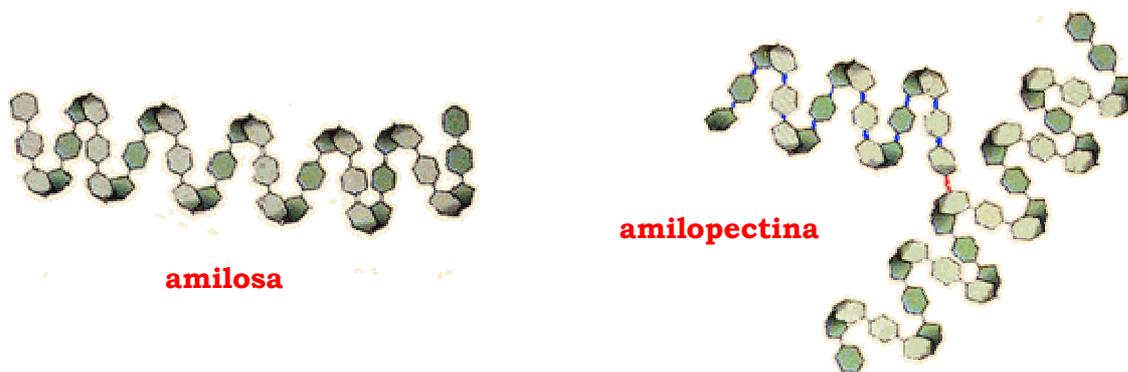
• Almidón

Constituye el polisacárido de reserva del reino vegetal. Está formado por una cadena α -D-glucosa en cadenas lineales y ramificadas. Las glucosas están unidas a través de enlaces 1 \rightarrow 4 en las cadenas lineales, y enlaces 1 \rightarrow 6 en los puntos de ramificación. Constituye la fuente más importante de carbohidratos de los alimentos. Los dos constituyentes principales del almidón son la amilosa y la amilopectina.



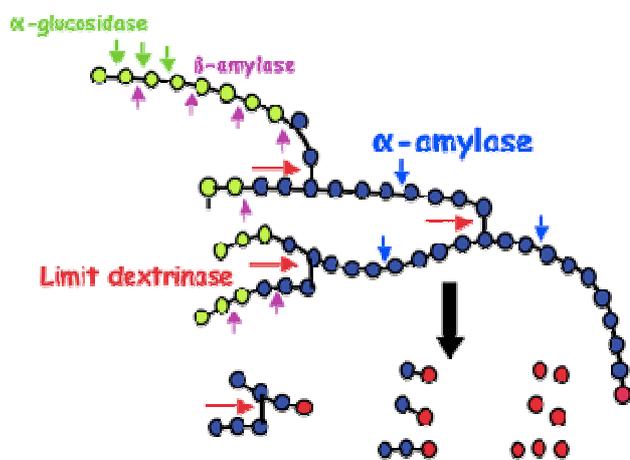
La **amilosa** constituye de un 15 a un 20% del almidón y tiene estructura lineal con uniones 1 \rightarrow 4 dispuesta en forma helicoidal no ramificada.

La **amilopectina** constituye un 80-85% del almidón y consiste en cadenas muy ramificadas y largas. Cada 24 o 30 residuos de glucosa se desarrolla una ramificación unidos por enlaces 1 \rightarrow 6.



El almidón se encuentra en el interior de los plastos de las células vegetales, por lo que está presente en todas las estructuras fotosintéticas. De manera especial se encuentra almacenado en los órganos de reserva de las plantas como las raíces, semillas o tubérculos.

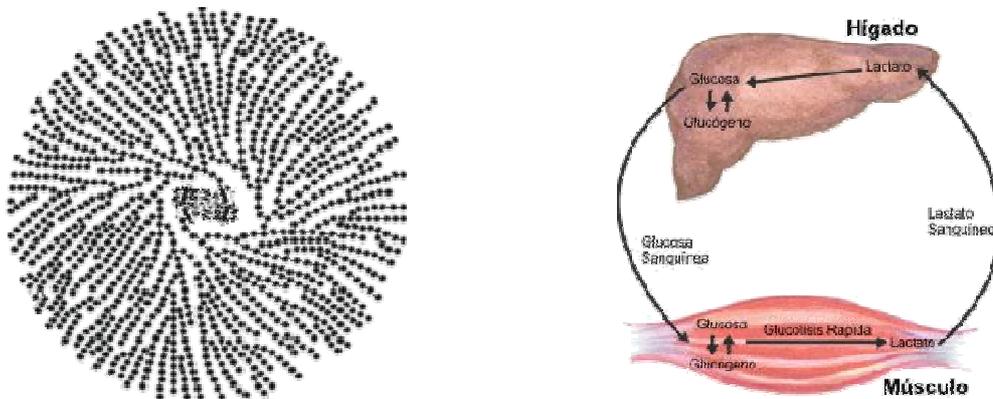
Cuando el almidón es ingerido, se realiza su hidrólisis mediante enzimas específicas que atacan los puntos de enlace. En conjunto, estas enzimas se denominan amilasas. Las α -amilasas, están presentes en el tracto digestivo, jugo pancreático y en la saliva. Hidrolizan al azar enlaces 1 \rightarrow 4 del interior de las cadenas para rendir glucosas y maltosas. Las β -amilasas hidrolizan en los extremos no reductores para rendir maltosa. Los enlaces 1 \rightarrow 6, son hidrolizados por enzimas específicas llamadas desramificadoras. La hidrólisis final de las maltosas por otras enzimas diferentes, son las que consiguen la degradación completa a α -D-glucosa.



• Glucógeno

El glucógeno es el principal polisacárido de reserva de las células animales, y constituye el equivalente del almidón de las células vegetales. Se almacena en el hígado, donde puede llegar a constituir el 10% en peso húmedo. Aquí aparece en forma de grandes gránulos, constituidos por agrupaciones de simples moléculas, muy ramificadas. También se encuentra presente en una porción del citoplasma del músculo esquelético, donde representa un 1-2% del mismo.

Al igual que el almidón, está constituido por la polimerización de α -D-glucosa con enlaces $\alpha[1\rightarrow4]$ en las cadenas lineales y $\alpha[1\rightarrow6]$ en las ramificaciones. Sin embargo, posee una estructura mucho más ramificada que la de la amilopectina del almidón, con cadenas de 8 a 12 residuos de α -glucopiranososa. Su hidrólisis es sencilla a través de las α y β -amilasas, así como las enzimas desramificadoras.

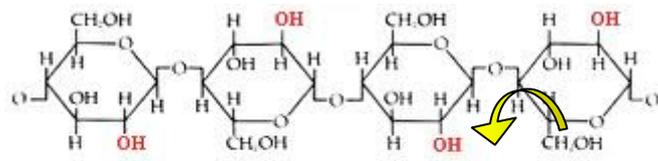


Homopolisacáridos estructurales

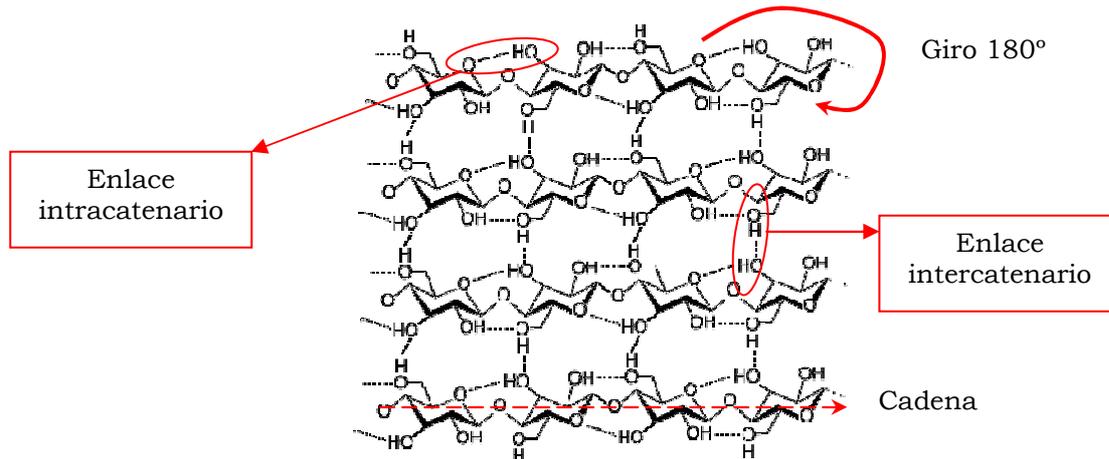
Su función consiste en dar soporte y protección a diversas estructuras y organismos. Atendiendo a su composición podemos distinguir:

• Celulosa

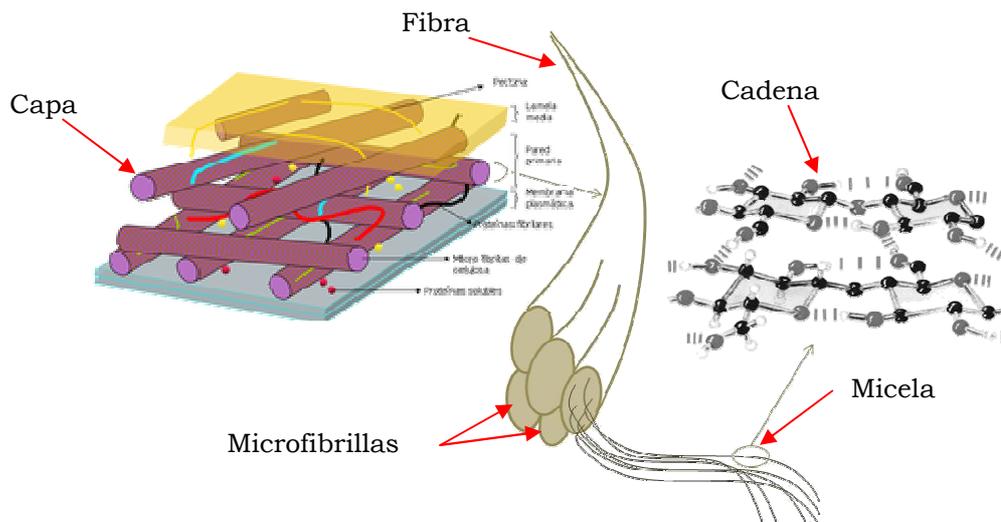
La celulosa es un constituyente importante del armazón de los vegetales. Las células vegetales han de soportar numerosas presiones, tanto osmóticas (turgescencia), como gravitatoria. Para poder desarrollar dicha resistencia se refuerzan las paredes celulares con celulosa. La celulosa, está formada por unidades de β -D-glucopiranososa unidas por enlaces $\beta[1\rightarrow4]$ formando cadenas rectas y largas. Como consecuencia de la disposición de los monómeros β , se origina la rotación de 180° en cada glucosa respecto a la anterior.



A su vez, entre las glucosas de una misma cadena se establecen enlaces de hidrógeno (intracatenarios). Además, las cadenas lineales se disponen en paralelo, y se mantienen estrechamente unidas unas con otras mediante enlaces de hidrógeno intercatenarios. Esta configuración le otorga a la celulosa una gran resistencia.



La unión de 70 o 80 cadenas de celulosa forma la llamada micela de celulosa. A su vez la asociación de 20-30 micelas da lugar a una microfibrilla de celulosa que se puede unir por su parte con 8-10 microfibrillas para dar lugar a una fibra. Estas fibras se disponen en paralelo unas con otras formando una capa. La superposición de tres capas consecutivas de fibras, con las fibras de una capa dispuestas en oblicuo a la capa siguiente, le otorga a la celulosa una gran elasticidad en cualquiera de las direcciones en la que se origine una tensión. Esta estructura es la constituyente del retículo principal de la pared celular vegetal.

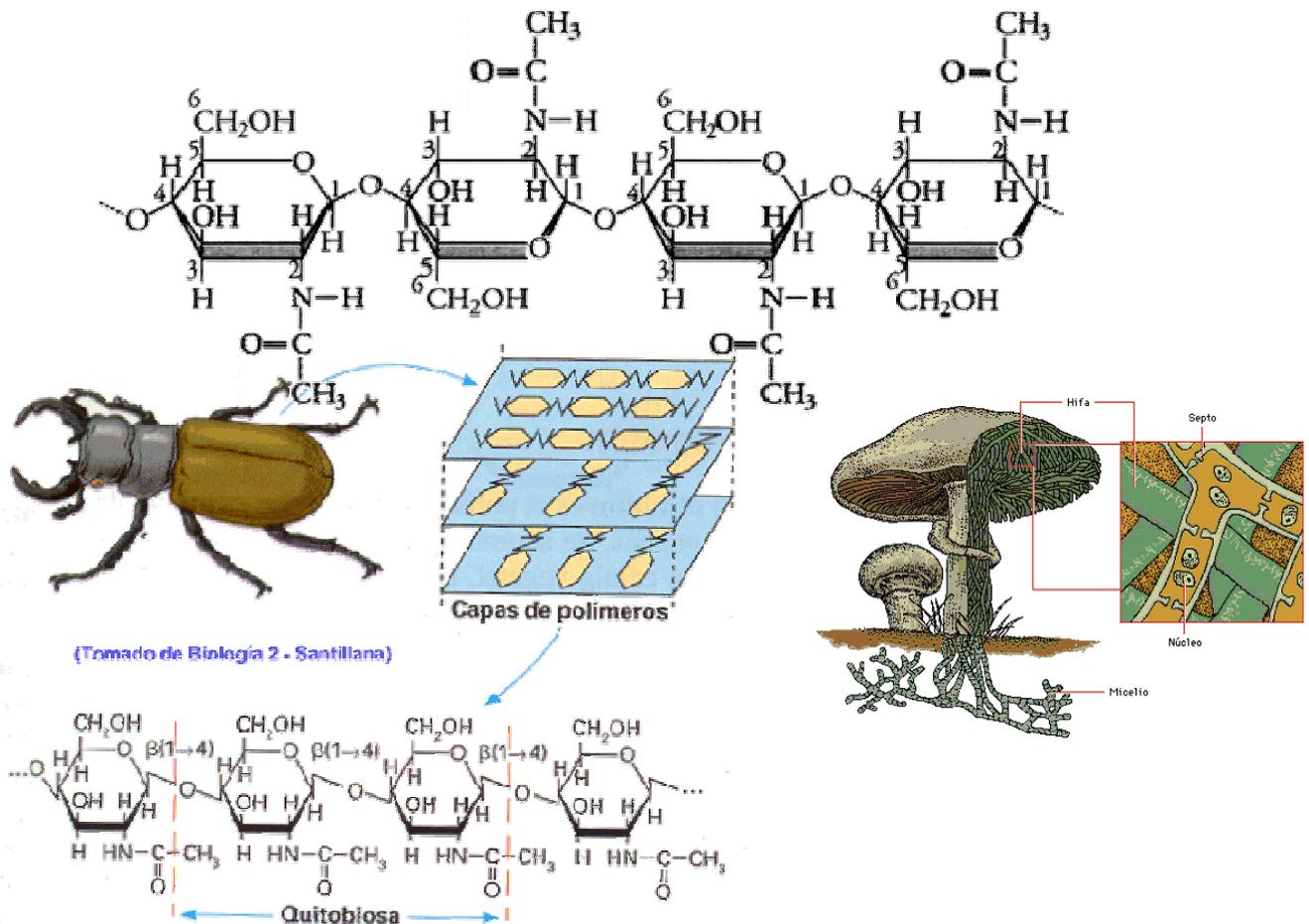


La celulosa no puede ser digerida por muchos mamíferos, incluyendo el hombre (debido a la carencia de una hidrolasa que ataque el enlace β [1 \rightarrow 4]). En el intestino de los rumiantes y otros herbívoros existen microorganismos capaces de hidrolizar estos enlaces β , haciendo disponible la celulosa como fuente calórica importante para tales animales. La hidrólisis de la celulosa, originan celobiosas que rápidamente se degradan por las bacterias a β -D-glucopiranosas.

• Quitina

La quitina es el componente estructural del exoesqueleto de los artrópodos, así como las paredes celulares de hongos.. Dicha estructura les aporta la morfología a los insectos, sin suponerles un peso elevado que impida su vuelo. La quitina es un tipo de polisacárido cuyas unidades básicas son N-acetil-D-glucosaminas unidas por enlaces β [1 \rightarrow 4] glucosídicos.

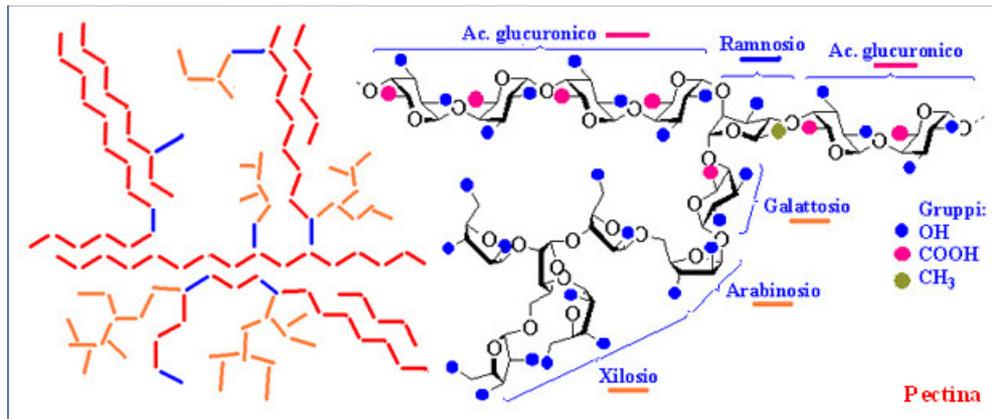
Su estructura es similar a la de la celulosa, y como ella, forma capas alternas en diferentes direcciones lo que le otorga una gran resistencia y elasticidad a los organismos. Se considera que dicha estructura ha supuesto el éxito evolutivo de los artrópodos por dotarles de protección y contribuir a su movimiento.



Heteropolisacáridos: Están constituidos por más de un tipo de monosacárido. Entre los más importantes encontramos:

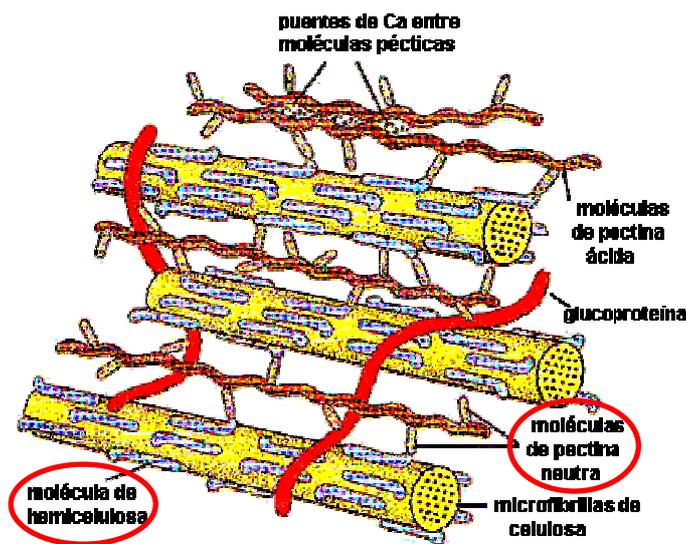
- **Pectinas**

Son integrantes de la matriz en la que se disponen las fibras de celulosa en la pared celular vegetal. Están formadas por polímeros de ácido galacturónico, que se unen mediante enlaces $\alpha[1\rightarrow4]$ entre los que se intercalan monosacáridos como la ramnosa, de los que surgen ramificaciones.



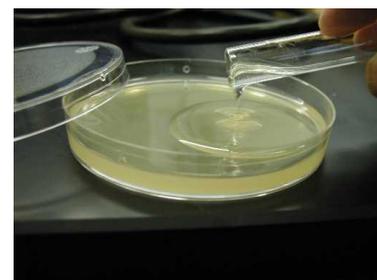
• **Hemicelulosas:**

Son un conjunto heterogéneo de polisacáridos. Están formadas por un solo tipo de monosacáridos unidos mediante enlace β [1→4] que forma una cadena lineal de la que salen ramificaciones cortas formadas por monosacáridos diferentes. Entre sus componentes están la glucosa, la galactosa, la mucosa, la xilosa... Se encuentran en la pared celular vegetal recubriendo la superficie de las fibras de celulosa y permitiendo su anclaje a la matriz de pectinas.



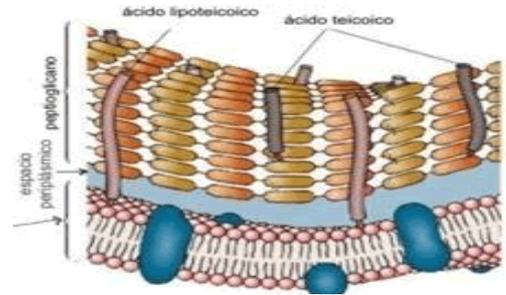
• **Agar:**

Polímero de D y L galactosa que se extrae de las algas rojas y se utiliza como base para cultivos de microorganismos. También actúa como espesante de líquidos formando parte de las gelatinas naturales.



• **Peptidoglucanos**

Son polímeros de N-acetilglucosamina y N-acetilmurámico unidos mediante enlace $\beta[1\rightarrow4]$. A esta cadena principal se le unen cadenas cortas de aminoácidos (de ahí el nombre de péptido-glucano). Forman parte de la pared bacteriana, otorgándole una gran resistencia frente a los cambios osmóticos. Es uno de los factores que determinan su clasificación según reaccionen o no a la tinción de Gram. La abundancia de algunas bacterias de peptidoglucanos en su pared (90%) hacen que de positiva la tinción (Gram positivas), frente a las bacterias que sólo cuentan con un 10% (Gram negativas). A esta estructura también se le denomina mureína por su alto contenido en N-acetilmurámico.



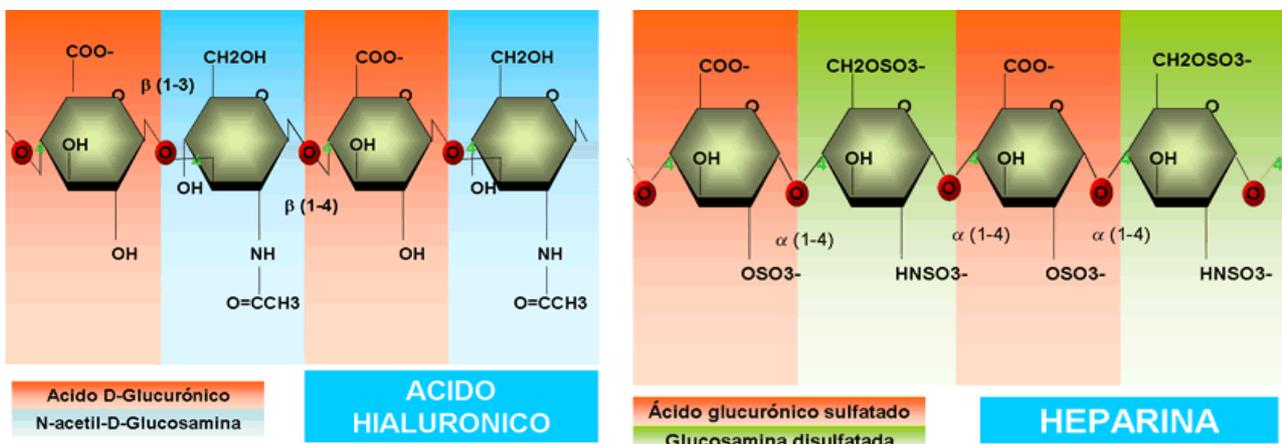
• **Glucosaminoglucanos**

Son los también llamados mucopolisacáridos. Son polímeros lineales de N-acetilglucosamina o N-acetilgalactosamina y ácido glucurónico. Se encuentran en la matriz extracelular de los tejidos conectivos, donde cumplen con numerosas funciones. Están muy hidratados, formando un gel.

Algunos de los más importantes son:

- El ácido hialurónico: Se encuentra en el tejido conjuntivo formando parte de la matriz extracelular, el humor vítreo del ojo y los líquidos sinoviales que amortiguan las articulaciones.
- El condroitín sulfato. Está presente en los tejidos cartilaginoso y óseo.
- La heparina. Se localiza en pulmón, hígado y piel. Actúa como sustancia anticoagulante.

Tanto el condroitín sulfato como la heparina, se encuentran unidos covalentemente a una proteína central por lo que forman heterósidos llamados proteoglucanos. A cada proteína central se le unen hasta más de 100 cadenas de glucosaminoglucanos, formando estructuras de gran tamaño.



3.2. Heterósidos

GLUCOLÍPIDO: Se verán en los lípidos.

GLUCOPROTEÍNAS: Se caracterizan por presentar un porcentaje elevado de proteína frente al glúcido. Dentro de este grupo encontramos proteínas sanguíneas como la protrombina, que interviene en el proceso de coagulación, inmunoglobulinas, que forman parte del sistema defensivo. Algunas hormonas como la luteinizante o la foliculoestimulante, que estimula la formación de los folículos de Graaf en el ovario.

Algunas glucoproteínas se sitúan en la cara externa de las células animales y actúan como identificadores, segundos mensajeros...En los trasplantes actúan como determinantes antigénicos originando el rechazo.

4. Reconocimiento de azúcares en laboratorio

El fundamento teórico específico para cada una de las tres prácticas es:

a) Colorimetría cualitativa del poder reductor (reacción de Fehling)

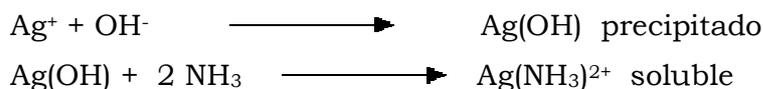
Los azúcares reductores, reducen el ion Cu^{2+} (color azul) a óxido cuproso Cu_2O de color teja, y ellos se oxidan.



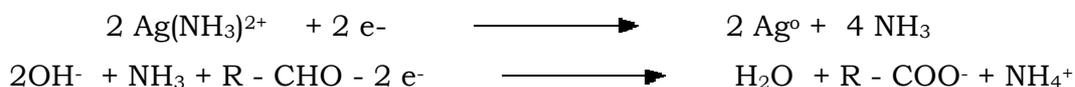
Si tras el experimento la disolución permanece azul, quiere decir que no tiene grupos reductores, mientras que la presencia de estos grupos dará lugar a la aparición del color rojo-amarillento-teja (más fuerte cuanto mayor sea la concentración de sustancias reductoras).

b) Formación del espejo de plata (reacción de Tollens)

Cuando se calienta nitrato de plata en medio amoniacal y, en presencia del grupo carbonilo (aldehído), el ión plata se reduce a plata metálica, que se deposita en las paredes del tubo de cristal, formando un espejo de plata. Al añadir amoniaco a la disolución de nitrato de plata en primer lugar se forma precipitado, que luego se solubiliza por formación del complejo de plata amoniacal:



Al añadir el azúcar los procesos redox que tienen lugar son:



c) Comportamiento de la sacarosa

La sacarosa es un azúcar no reductor. La actuación del HCl sobre la sacarosa, da lugar a la hidrólisis del enlace glucosídico, dejando libres los OH de los carbonos anoméricos.

