

3

Los glúcidos



1. ¿QUÉ ES UN GLÚCIDO?

2. LAS OSAS SON LOS GLÚCIDOS MÁS SIMPLES

Los nombres de los glúcidos acaban en –osa
Hay varios tipos de isomería en los monosacáridos
Al disolverse presentan estructura cíclica
Hay varios monosacáridos de interés biológico
Los monosacáridos tienen poder reductor

3. LAS OSAS SE UNEN POR ENLACES O-GLUCOSÍDICO

Hay varios tipos de enlace O-glucosídico
Los disacáridos están formados por dos osas
Hay gran variedad de oligosacáridos

4. LOS POLISACÁRIDOS SON MACROMOLÉCULAS

Almidón y glucógeno son polímeros de almacenamiento
Celulosa y quitina son polímeros estructurales
Los heterósidos son moléculas complejas con un aglucón

5. FUNCIONES DE LOS GLÚCIDOS

Sección de cloroplasto de maíz con gránulos de almidón (en gris)

Ver G. Wanner LMU www.en.uni-muenchen.de

DÓNDE BUSCAR INFORMACIÓN



Bibliografía y páginas web

- Curso biomoléculas. Universidad del País vasco
<http://www.ehu.eus/biomoleculas/hc/sugar33b.htm>
- Geocities. Glúcidos
http://www.geocities.ws/batxillerat_biologia/glucids.htm
- I.E.S. Pando. Glúcidos
<http://www.iespando.com/web/departamentos/biogeno/web/departamento/2BCH/PDFs/03Glucidos.pdf>
- La botica. Isomería óptica
<http://propanona.blogspot.com.es/2011/01/isomeria-optica-epimeros.html>
- Laboratorios de Bioquímica. 2014. Prueba del almidón
<https://sites.google.com/site/laboratoriosbioquimica/bioquimica-i/prueba-del-almidon>
- Proyecto biosfera. Los monosacáridos
<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/2bachillerato/biomol/contenidos6>
- Química orgánica. Monosacáridos
<http://www.quimicaorganica.net/monosacaridos-notacion-dl.html>
- Tiempo de éxito: Sacarosa, Lactosa
<http://tiempodeexito.com/bioquimica/18.html>
- Wikipedia: Almidón, Glucógeno, Polisacáridos
<http://www.um.es/molecula/gluci05.htm>



Noticias curiosas

- Relación entre glúcidos y cáncer. Las mucinas o proteoglucanos actúan como escudo protector de la célula, cuando se deterioran por un proceso tumoral, los proteoglucanos actuarán como antígenos y colaboran en la respuesta inmune
<http://www.lavanguardia.com/vida/20140524/54407257691/los-carbohidratos-fuente-de-energia-y-antidotos-contras-el-cancer.html>
- Relación entre glúcidos y depresión. Una dieta rica en azúcares refinados (glucosas) supone un aumento de un 22% de sufrir depresiones, principalmente en mujeres postmenopáusicas
<http://www.omicrono.com/2015/08/carbohidratos-refinados-tras-la-menopausia-mayor-riesgo-de-depresion/>

OBJETIVOS

1. Conocer la composición química general y la nomenclatura de los glúcidos.
2. Explicar cómo se clasifican los glúcidos.
3. Describir las propiedades físicas y químicas de los monosacáridos.
4. Reconocer conceptos: carbono asimétrico, enantiómero y carbono anomérico
5. Conocer la estructura lineal y las formas cíclicas de los monosacáridos. Saber realizar ciclaciones.
6. Identificar los monosacáridos más importantes y conocer sus funciones.
7. Identificar los disacáridos más importantes e indicar sus funciones.
8. Reconocer el enlace glicosídico y las propiedades derivadas del mismo (carácter reductor).
9. Conocer características de los polisacáridos: composición, localización y función.
10. Describir las funciones generales de los glúcidos.

CONCEPTOS CLAVE

<i>aglucón, 5</i>	<i>gliceraldehído, 11</i>	<i>monosacárido, 4</i>
<i>almidón, 4</i>	<i>glucógeno, 18</i>	<i>mucopolisacárido, 21</i>
<i>amilopectina, 18</i>	<i>glucolípido, 5</i>	<i>mureina, 21</i>
<i>amilosa, 17</i>	<i>glucoproteína, 5</i>	<i>oligosacárido, 4</i>
<i>carbono anomérico, 8</i>	<i>glucosa, 12</i>	<i>osa, 4</i>
<i>carbono asimétrico, 6</i>	<i>glucosaminoglucano, 21</i>	<i>ósido, 4</i>
<i>celobiosa, 15</i>	<i>hemiacetal, 10</i>	<i>peptidoglucano, 21</i>
<i>celulosa, 4</i>	<i>hemicetal, 10</i>	<i>piranosa, 10</i>
<i>desoxirribosa, 11</i>	<i>heteropolisacárido, 5</i>	<i>poder reductor, 13</i>
<i>dextrógiro, 8</i>	<i>heterósido, 5</i>	<i>polisacárido, 4</i>
<i>dicarbonílico, 14</i>	<i>hidratos de carbono, 4</i>	<i>proyección de Fisher, 8</i>
<i>enantiómero, 7</i>	<i>holósido, 4</i>	<i>proyección de Haworth, 9</i>
<i>enlace O-glucosídico, 13</i>	<i>homopolisacárido, 5</i>	<i>quitina, 20</i>
<i>epímero, 8</i>	<i>isómero, 5</i>	<i>ribosa, 11</i>
<i>estereoisomería, 6</i>	<i>lactosa, 15</i>	<i>ribulosa, 11</i>
<i>fructosa, 12</i>	<i>levógiro, 8</i>	<i>sacarosa, 15</i>
<i>furanosa, 10</i>	<i>maltosa, 15</i>	
<i>galactosa, 12</i>	<i>monocarbonílico, 14</i>	

3.1

¿QUÉ ES UN GLÚCIDO?

Los glúcidos son biomoléculas orgánicas constituidos por C, H y O, con la siguiente fórmula general $(CH_2O)_n$. Se conocen como **glúcidos** porque la glucosa es el representante más conocido e importante. El término *gluco* viene del griego *glykys* o *glukús* que significa dulce. Por eso se llaman también **azúcares**, pero este nombre no es muy adecuado porque hay muchos glúcidos que no tienen el sabor dulce del azúcar, como el almidón o la celulosa. Tradicionalmente se les llamaba **carbohidratos** o **hidratos de carbono** porque su fórmula química parece indicar que están formados por carbonos hidratados $C_n(H_2O)_n$, por su proporción 2 a 1 de estos últimos. Otro nombre que reciben es el de **sacáridos**, que viene del griego *σάκχαρ* [*sáccchar*] que también significa azúcar, y es la raíz principal de los tipos principales de glúcidos (monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos).

Los glúcidos se clasifican según su grado de complejidad (Fig. 3.1):

- Los **monosacáridos** u **osas** son monómeros, no se pueden descomponer en otros compuestos más sencillos.

- Los **ósidos** son azúcares complejos que al hidrolizarse liberan monosacáridos. Están formados por un número variable de monosacáridos unidos por enlaces covalentes. Algunos ósidos se componen exclusivamente de monosacáridos y se denominan holósidos, mientras que otros contienen además otros componentes de naturaleza no glucídica y se denominan heterósidos

- o **Holósidos**, formados sólo por monosacáridos.
 - **Oligosacáridos**. Uniones de dos a diez osas.

Clasificación de los glúcidos

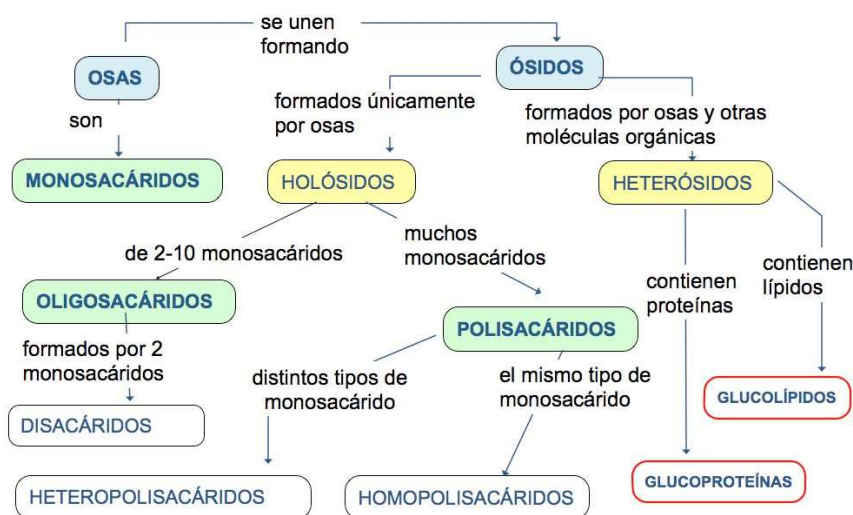


Figura 3.1. Clasificación de los glúcidos

- **Polisacáridos.** Uniones de más de diez osas que a su vez pueden ser.
 - Homopolisacáridos: Todos los monosacáridos son iguales.
 - Heteropolisacárido: Unión de más de un tipo de monosacáridos.
- **Heterósidos** son moléculas muy diversas que están formados por una parte glucídica más un parte no glucídica o **aglucon**. Según la naturaleza del aglucon, se distinguen los glucolípidos y las glucoproteínas.
 - Glucolípidos. Unión de un glúcido con un lípido.
 - Glucoproteínas. Unión de un glúcido con una proteína.

3.2 LAS OSAS SON LOS GLÚCIDOS MÁS SIMPLES

Dede un punto de vista químico los monosacáridos son *polihidroxialdehidos* o *polihidroxicetonas*, es decir moléculas con esqueleto carbonado simple que llevan como grupo funcional un grupo carbonilo, que puede ser un aldehído en el carbono 1 o un grupo cetona - en el carbono 2, y grupos hidroxilo en el resto de los carbonos.

Los monosacáridos son pequeñas moléculas que se clasifican por el nº de átomos de carbono que contienen en triosas: 3C, tetosas: 4C, pentosas: 5C, hexosas: 6C y heptosas: 7C. Los más abundantes y de mayor importancia biológica son las las pentosas y las hexosas.

Los nombres de los glúcidos acaban en -osa

Se nombran anteponiendo el prefijo aldo- o ceto- al nombre que indica su número de carbonos, seguido de la terminación -osa. Ejemplo: aldohexosa, es un aldehído de 6 átomos de carbono.

Los monosacáridos se suelen representar en un plano mediante fórmulas lineales o de cadena abierta, denominadas proyecciones de Fischer, en las que todos los átomos de la molécula se colocan en el mismo plano. Se sitúa el grupo principal (aldehído o cetona) en la parte superior (C1 y C2, respectivamente) y los grupos hidroxilo se sitúan a la izquierda o derecha de cada uno de los restantes carbonos formando ángulos de 90°.

Hay varios tipos de isomería en los monosacáridos

Los **isómeros** son compuestos de igual fórmula general, pero distinta formula desarrollada, es decir distinta organización molecular. Hay diferentes tipos de isómeros, en el caso de los glúcidos hay isómeros de función e isómeros espaciales o estereoisómeros.

Isomería de función o estructurales

La presentan los compuestos que se diferencian por su grupo funcional, por ej., en la **Fig. 3.2** con la misma fórmula general $C_3H_6O_3$ puede corresponder a un aldehído o a una cetona.

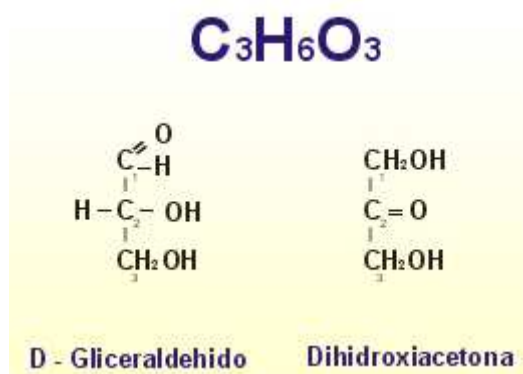


Figura 3.2. Isómeros de función

Isomería espacial o estereoisomería

Los isómeros espaciales o estereoisómeros son moléculas que tienen la misma fórmula estructural pero la disposición de sus átomos es distinta, y por ello tienen propiedades diferentes

Hay isomería espacial sólo en moléculas que tienen uno o más **carbonos asimétricos**. Un carbono asimétrico o **quiral** es el que está unido a cuatro radicales diferentes, de forma que dichos radicales pueden disponerse en el espacio en distintas posiciones, no superponibles. Cuantos más carbonos asimétricos tenga la molécula, más estereoisómeros va a presentar. En general, una molécula con n carbonos asimétricos puede tener 2n estereoisómeros. La configuración espacial va a determinar la actividad de la molécula, el que tenga una u otra forma implica, por ej., que sea o no reconocida por los enzimas y pueda o no reaccionar.

El carbono **asimétrico** más alejado del grupo funcional sirve como referencia para nombrar la isomería de una molécula. Cuando el grupo alcohol de este carbono se encuentra representado a su derecha en la proyección lineal se dice que esa molécula pertenece a la serie D. Cuando el grupo alcohol de este carbono se encuentra representado a su izquierda en la proyección lineal se dice que esa molécula pertenece a la serie L. En la naturaleza, salvo raras excepciones, los isómeros de los glúcidos son de la forma D.

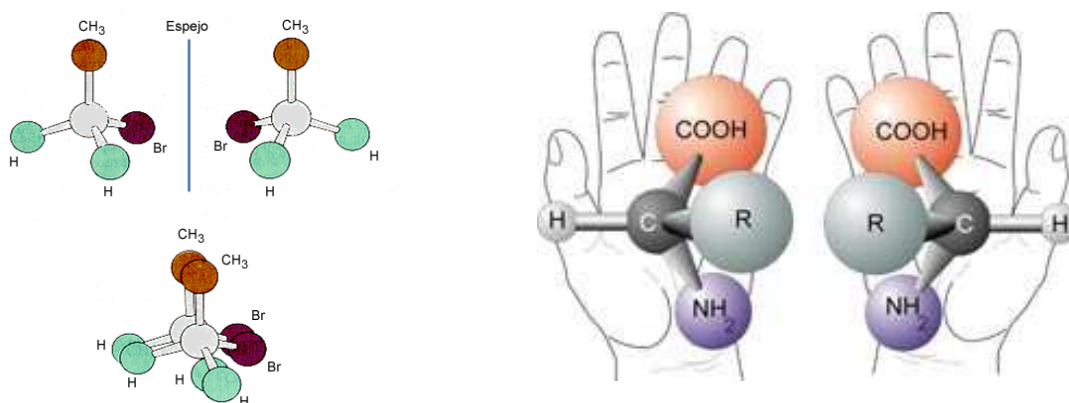


Figura 3.3. A la izquierda, sin carbono asimétrico, ambas moléculas son superponibles, tienen la misma configuración espacial. A la derecha, hay asimetría, son estereoisómeros no superponibles.

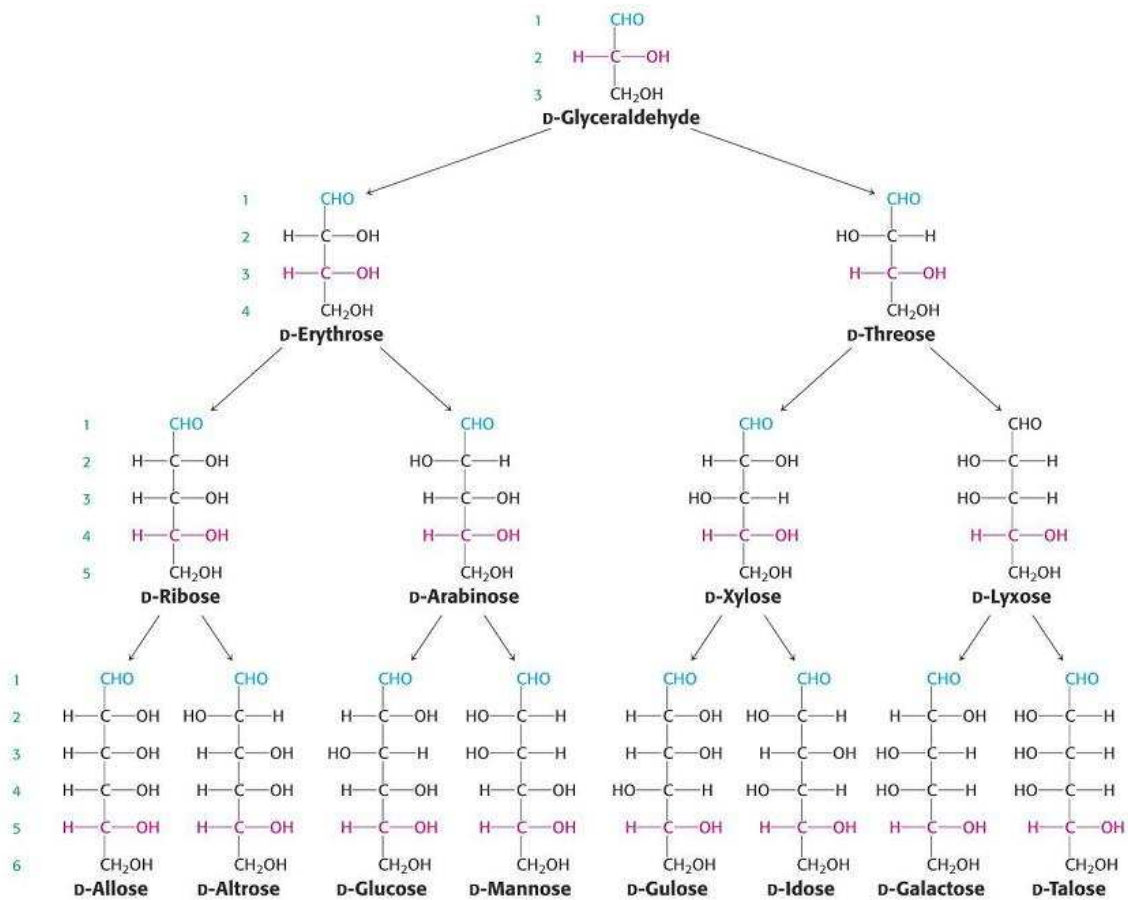


Figura 3.4. Aldosas de la serie D. Fuente: <http://bifi.es/~jsancho/estructuramacromoleculas2015/15polisacaridos/15polisac.htm>

Hay dos tipos de estereoisómeros:

a) Los **enantiómeros** son compuestos estereoisómeros que varían la posición de todos los OH de sus carbonos asimétricos. Uno de los enantiómeros es imagen especular del otro.

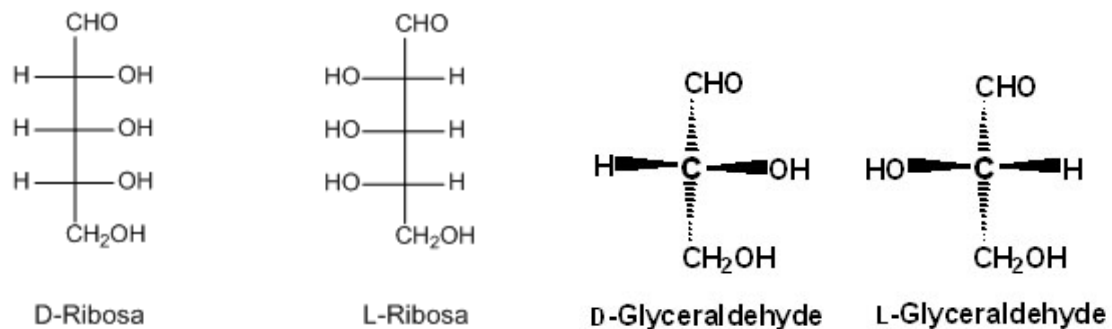
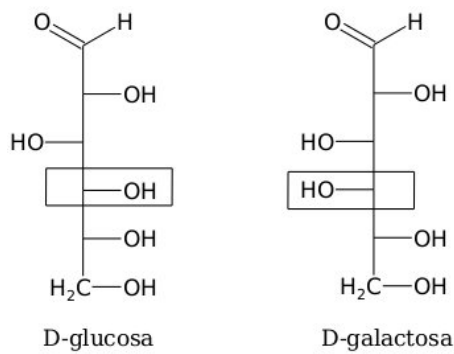


Figura 3.5. Dos ejemplos de glúcidos enantiómeros



b) Los **epímeros** son estereoisómeros que varían la posición de uno solo de los OH. Los epímeros no son imágenes especulares

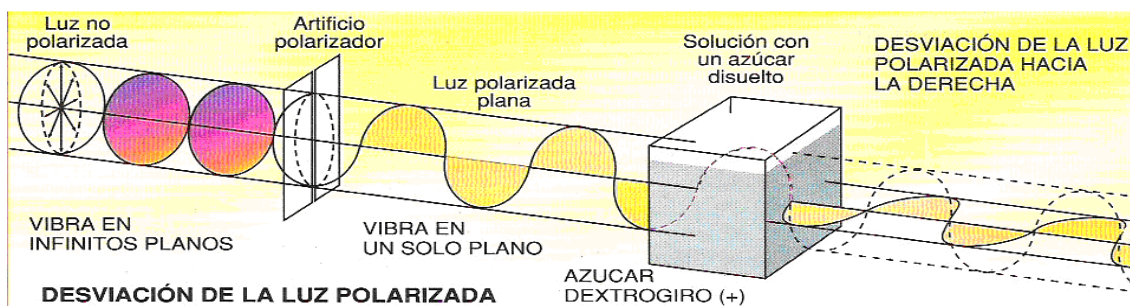
Figura 3.6. Dos compuestos epímeros

Una propiedad de los estereoisómeros es que presentan **actividad óptica**. La luz natural vibra en distintos planos (**Fig. 3.7**), si se hace pasar por un polarizador se consigue que vibre en un solo plano de polarización. Una pareja de enantiómeros, debido a la presencia de los carbonos asimétricos, desvían el plano de la luz polarizada con el mismo ángulo, pero en diferente sentido. El isómero que la desvía en el sentido a las agujas del reloj se denomina **dextrógiro** o (+), y el isómero que la desvía en el sentido contrario es el **levógiro** o (-). Los isómeros ópticos no se corresponden necesariamente con los estereoisómeros D y L. Así, según el glúcido un estereoisómero D puede ser dextrógiro o levógiro y lo mismo con el estereoisómero L.

Al disolverse presentan estructura cíclica

Los monosacáridos son moléculas flexibles, con enlaces simples que pueden girar con facilidad. En disolución, los monosacáridos se comportan como si tuvieran un carbono asimétrico más. Esto se debe a que, en contacto con el agua, rotan y giran, formando estructuras cíclicas cerradas más estables. En esta configuración cíclica aparece un carbono asimétrico adicional, denominado carbono **anomérico**.

La estructura lineal abierta se llama proyección de **Fisher**, la estructura cíclica, que puede ser hexagonal o pentagonal, se denomina proyección de **Haworth**. La estructura cíclica se representa en un plano con los radicales unidos a cada carbono en la parte superior o inferior de dicho plano.



El plano de luz polarizada se desvía al atravesar una solución que contiene un azúcar.

Figura 3.7. Desviación de la luz polarizada producida por un monosacárido dextrógiro

La estructura cíclica se forma al reaccionar el grupo funcional (carbonilo) que es el más reactivo con un hidroxilo, situado en el último carbono asimétrico. En el caso de los aldehídos se forma un compuesto conocido como hemiacetal, y para las cetonas como hemicetal, que resulta de romper el doble enlace entre C=O y crear un puente de oxígeno intermolecular con un grupo -C-O. En el carbono anomérico se sitúa un grupo OH, que sigue teniendo en parte las propiedades del grupo carbonilo y por lo tanto mantiene el poder reductor.

La aparición de este nuevo carbono asimétrico, permite la existencia de dos estereoisómeros que se denominan anómeros: uno llamado α cuando el OH se dirige hacia abajo del plano del anillo, el otro se denomina β cuando el OH se dirige hacia arriba del plano

Para pasar de la fórmula abierta a la ciclada (Fig. 3.8 y 3.9):

- Primero se proyecta la molécula en el plano horizontal girándola 90º.
- Se dobla para adoptar forma de hexágono, manteniendo los -OH en su posición original.
- Se efectúa un giro, acercando el C1 y C5 entre sí.
- Reacción entre el hidroxilo del C5 y el aldehído del C1 (o una cetona de C2 en caso de cetosas).
- Al formarse el hemiacetal, hay un puente de oxígeno intramolecular entre el C1 y el C5 y en el C1 hay un grupo hidroxilo, que podrá ir en posición α (abajo) o en β (arriba)

A efectos prácticos en las fórmulas de proyección de Haworth los grupos situados a la derecha en las formulas lineales (fórmulas de Fischer) se sitúan hacia abajo y los situados a la izquierda hacia arriba, excepto los de los carbonos implicados en la formación del hemiacetal que sufren una rotación.

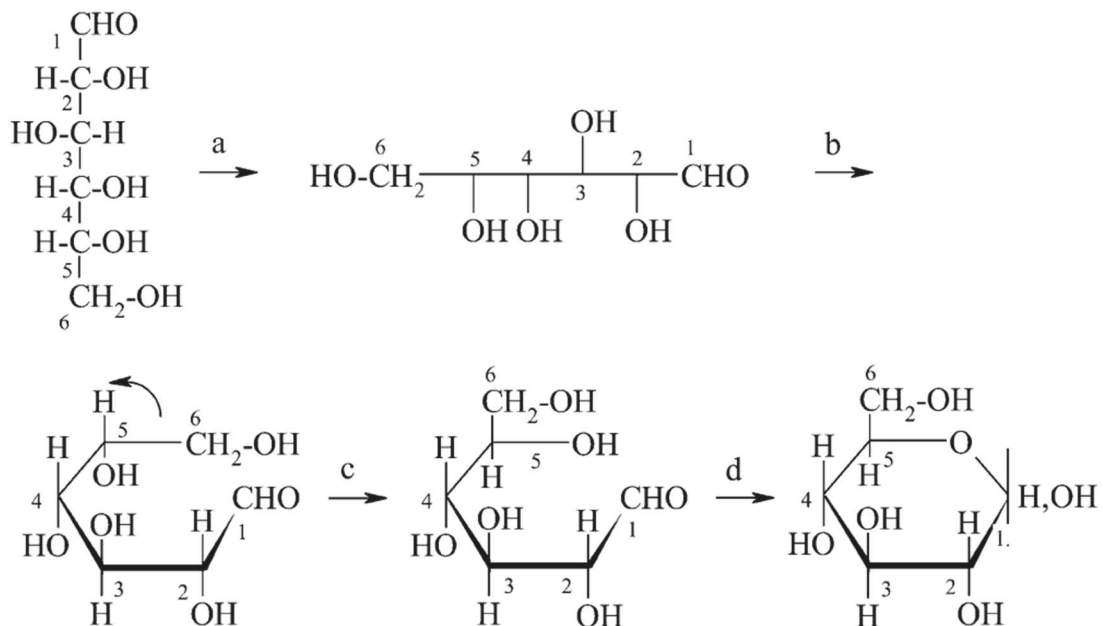


Figura 3.8. Ciclando una molécula de glucosa, formando el enlace hemiacetal

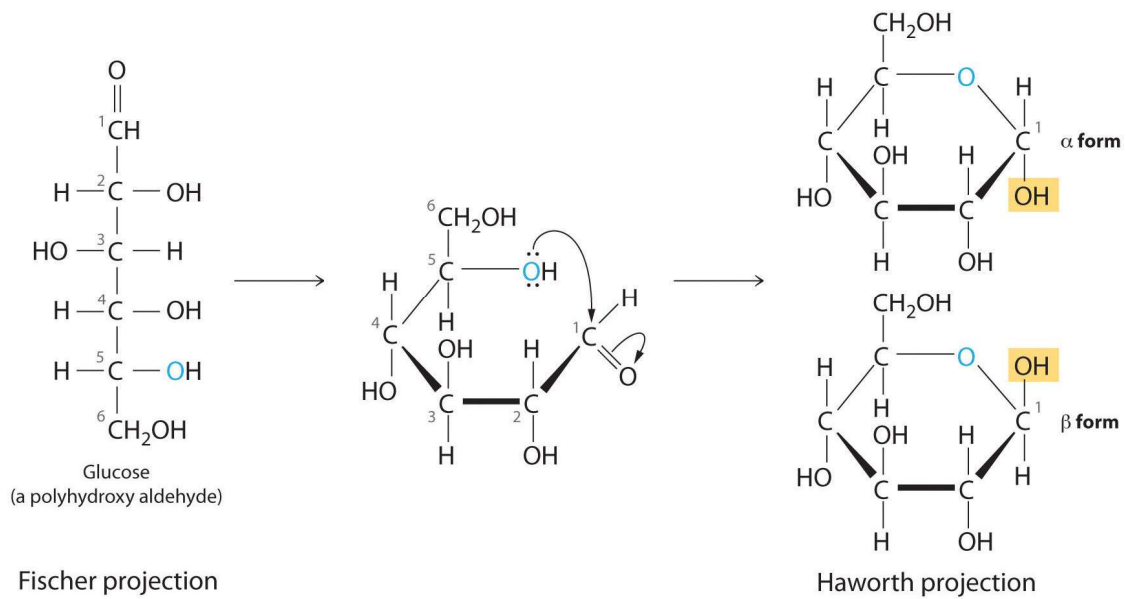


Figura 3.9. Ciclación completa de la D-glucosa, con los isómeros α y β

Veamos los casos particulares:

En las cetohehexosas el anillo resultante es pentagonal al reaccionar la cetona de C2 y el OH del C5; en las aldopentosas también es un anillo de 5 carbonos pues reacciona el grupo aldehído del C1 con el grupo hidroxilo del C4.

Al ciclarse, se tiene que indicar el nombre completo de un monosacárido

- Se pone en primer lugar las letras α o β que indica el tipo de anómero que es.
- El nombre del monosacárido acabado en el sufijo **piranosa** (si el anillo es hexagonal) por su similitud con el pirano, o **furanosa** si es pentagonal) por su similitud con el furano. Ej α-glucopiranososa.

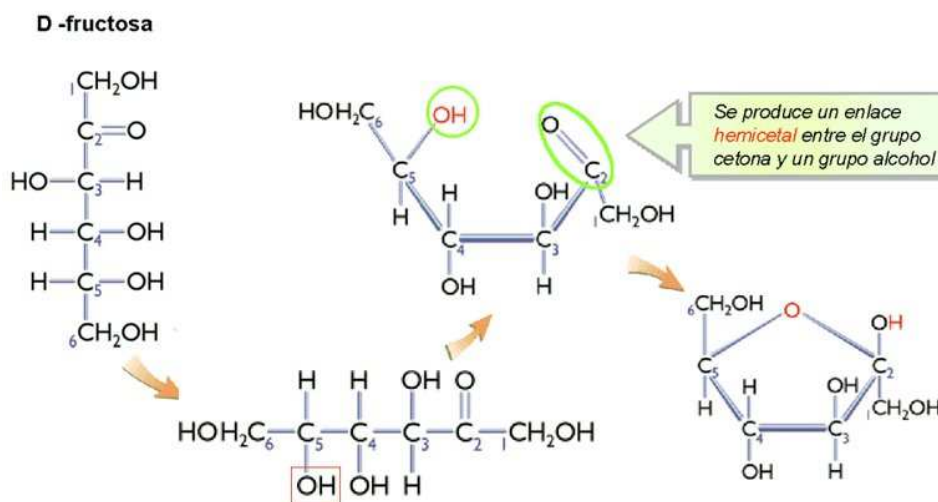


Figura 3.10. Ciclando la fructosa a β fructofuranosa

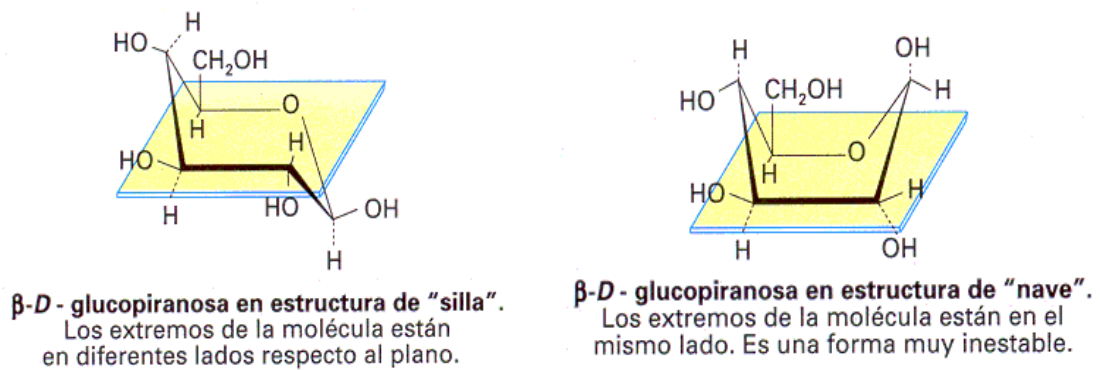


Figura 3.11. Conformaciones espaciales de la D-glucopiranososa

La conformación real de los monosacáridos (Fig. 3.11) en disolución varía con respecto a la propuesta por Haworth, ya que, debido a la presencia de enlaces covalentes simples, las moléculas no pueden ser planas. Se han sugerido en las formas piranósicas otras formas de representación: forma "cis" o de **nave** si los extremos del anillo están hacia el mismo lado y forma "trans" o de **silla** cuando los extremos están hacia uno y otro lado, en ambas formas, los carbonos 2, 3, 5 y el oxígeno se sitúan en el mismo plano. La forma en silla es más estable que la de nave ya que hay menos repulsiones electroestáticas.

Hay varios monosacáridos de interés biológico



- **Triosas:** El **gliceraldehído** (aldotriosa) que participa en el metabolismo de la glucosa. No forma estructuras cíclicas.

Figura 3.12. Triosas

- **Pentosas:**

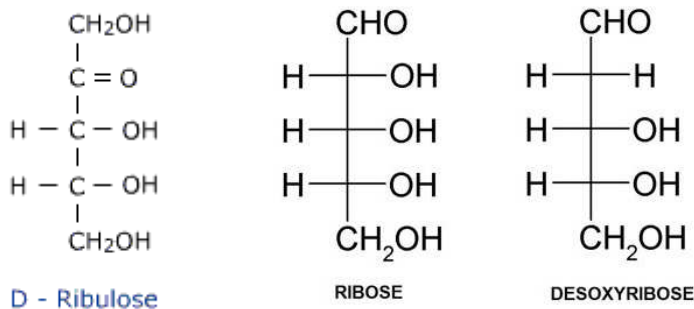


Figura 3.13. Pentosas de mayor relevancia en su fórmula lineal

Hay dos aldopentosas, la **ribosa** y su derivado la **desoxirribosa**, que forman parte de nucleótidos, como el ATP, por ejemplo. Son también conocidos por ser las pentosas del ARN y del ADN, respectivamente. Se diferencian porque falta un oxígeno en el C2 de la desoxirribosa. Se ciclan ambas en forma furanósica.

La cetopentosa más importante es la **ribulosa**, que es la molécula a la que se une el CO₂ en el ciclo de Calvin, en la fase oscura de la fotosíntesis. La ribulosa, al ser una cetopentosa, no tiene forma cíclica.

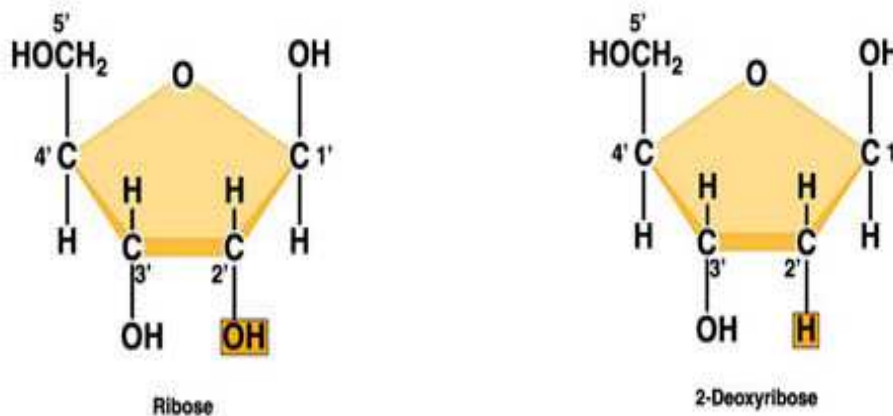


Figura 3.14. β ribofuranosa y β desoxirribofuranosa

- **Hexosas:** Son los monosacáridos más abundantes de la naturaleza, de ahí su interés biológico.

La **glucosa** (aldohexosa) es el principal combustible de las células, en el caso de las neuronas el único. Se encuentra en forma libre en la sangre y en algunas frutas como las uvas, y forma parte de disacáridos como la sacarosa y lactosa y de polisacáridos como el almidón, etc.

La **galactosa** (aldohexosa) es un análogo a la glucosa. No se suele encontrar en forma libre, sino integrada junto con la glucosa en la lactosa, glúcidos complejos, etc.

La **fructosa** (cetohexosa) es otro análogo a la glucosa. Se encuentra en estado libre en frutas y miel. También forma parte junto con la glucosa de la sacarosa.

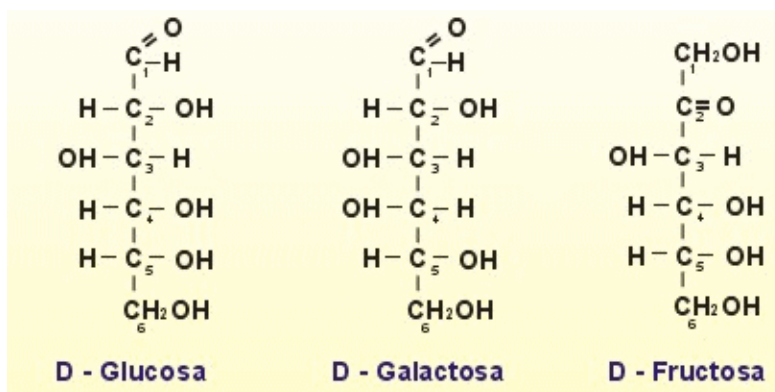


Figura 3.15. Hexosas de mayor importancia en fórmula lineal

Los monosacáridos tienen poder reductor

Los monosacáridos son sólidos cristalinos, de color blanco e hidrosolubles. Su solubilidad en agua se debe a que presenta una elevada polaridad por sus grupos -OH , y al disolverse presentan sabor dulce.

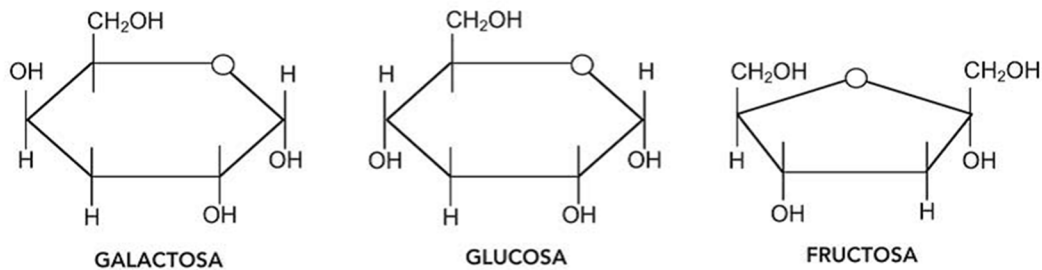


Figura 3.16. Hexosas cicladas en posición α .

Otra característica destacada de los monosacáridos es el **poder reductor**. La presencia del grupo carbonílico (C=O) que aparece en el grupo aldehído o cetónico les confiere poder reductor frente a determinadas sustancias, ya que este grupo carbonilo se puede oxidar a un grupo carboxilo (COOH). El licor de Fehling se utiliza como reactivo para el reconocimiento de azúcares reductores, por ej., sirve para demostrar la presencia de glucosa en la orina. El licor de Fehling lleva una sal de cobre oxidada de color azul; si hay un grupo carbonilo que se oxida a ácido, la sal de cobre se reduce de Cu^{2+} a cobre I (Cu^+) y forma un precipitado de color cobrizo. Un aspecto importante de esta reacción es que la forma aldehído puede detectarse fácilmente, aunque solo haya una cantidad muy pequeña.

3.3 LAS OSAS SE UNEN POR ENLACES O-GLUCOSÍDICO

De acuerdo con la clasificación que vimos al principio del tema, los **oligosacáridos** son glúcidos constituidos por la unión 2 a 10 monosacáridos. Los más abundantes son los disacáridos, compuestos formados por dos osas.

Hay varios tipos de enlace O-glucosídico

La unión entre monosacáridos se realiza por medio de un enlace **O-glucosídico**, al unirse dos grupos hidroxilos de los monosacáridos, siempre con desprendimiento de una molécula de agua (Fig. 3.17). El enlace O-glucosídico se puede romper por hidrólisis.

Hay dos tipos de enlaces O-glucosídicos, en función de la posición del grupo hidroxilo del carbono anomérico del primer monosacárido.

- Las uniones **en α** , que los enzimas los rompen fácilmente, y son propios de disacáridos con función energética
- Las uniones **en β** , que hay pocos enzimas que los rompen, son enlaces más rígidos y resistentes. Aparecen en moléculas con funciones estructurales.

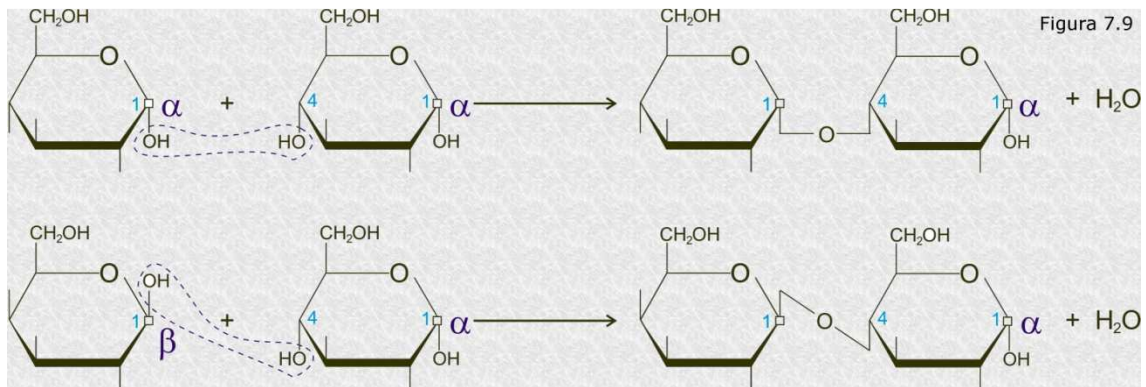


Figura 3.17. Enlaces O-glucosídico de tipo α y β

Otra forma de clasificar los disacáridos es por el tipo de unión que se produce:

- o -Enlace **monocarbonílico**: Interviene un carbono anomérico de la primera osa y un carbono no anomérico cualquiera de la otra osa. Como un carbono anomérico queda libre, se mantiene el poder reductor.
- o -Enlace **dicarbonílico**: Intervienen los dos carbonos anoméricos de las osas. Como ningún carbono anomérico queda libre, se pierde el poder reductor.

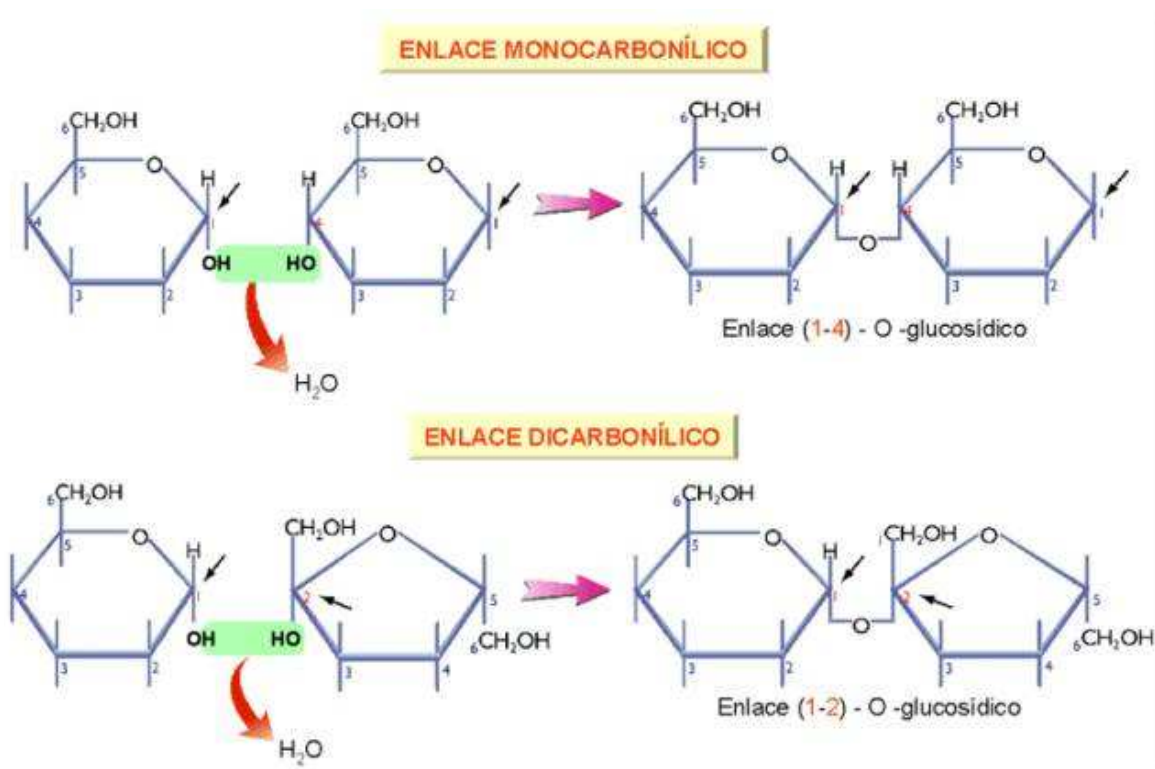


Figura 3.18. Enlaces mono y dicarbonílico, los carbonos anoméricos señalados con flechas

Los disacáridos están formados por dos osas

Para nombrar un disacárido se añade el sufijo *-il* para el nombre de la osa que participa en el grupo reductor, y a continuación se indican los carbonos que participan en el enlace, y, finalmente se añade el nombre del segundo monosacárido; terminan en *-osa* cuando el enlace es monocarbonílico, y en *-ósido* cuando es dicarbonílico.

Ejemplo: β -galactopiranosil (1, 4) β -glucopiranososa

a. nombre del primer monosacárido acabado en *-il*: β -galactopiranosil

b. seguido de carbonos del enlace: (1, 4)

c. segundo monosacárido acabado en *-osa*: β -glucopiranososa porque el enlace es monocarbonílico

En este ejemplo: α -glucopiranosil (1, 2) β -fructofuranósido, el nombre acaba en *-ósido*, Indica que el enlace es dicarbonílico

Las propiedades físico-químicas de los disacáridos son similares a las de los monosacáridos, tienen sabor dulce (se llaman también azúcares) y son solubles en agua.

Los principales disacáridos son la maltosa, la lactosa, la celobiosa y la sacarosa.

Maltosa: se obtiene por hidrólisis del almidón y el glucógeno y tiene poder reductor. Está formada por la unión de dos moléculas α -D-glucopiranososa y su nombre completo es α -D-glucopiranosil 1 \rightarrow 4 α -D-glucopiranososa.

Lactosa: Es el azúcar de la leche y está formada por β -D-galactosa y β -D-glucosa unidas mediante el enlace 1 \rightarrow 4. Su nombre completo es β -D-galactopiranosil 1 \rightarrow 4 β -D-glucopiranososa. Tiene poder reductor.

Celobiosa: no se encuentra libre en la naturaleza, sino que se obtiene gracias a la hidrólisis de la celulosa. Está formada por dos moléculas de β -D-glucopiranososa y su nombre completo es β -D-glucopiranosil 1 \rightarrow 4 β -D-glucopiranososa. Tiene poder reductor.

Sacarosa: es el azúcar de mesa, caña o remolacha. Formada por la unión de α -D-glucopiranososa y β -D-fructofuranosa, se llama α -D-glucopiranosil 1 \rightarrow 2 β -D-fructofuranósido. No tiene poder reductor, pues los 2 carbonos anoméricos forman parte del enlace.

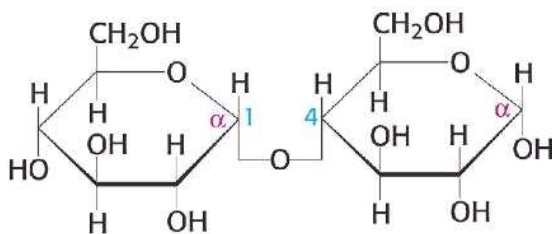


Figura 3.19. Maltosa

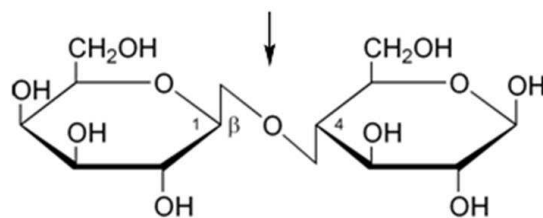


Figura 3.20. Lactosa

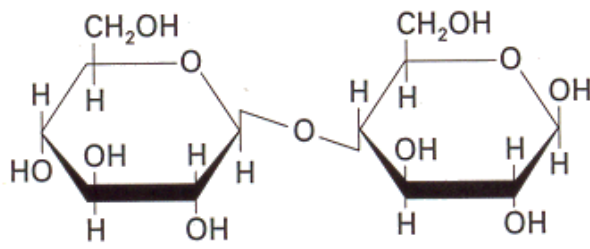


Figura 3.21. Celobiosa

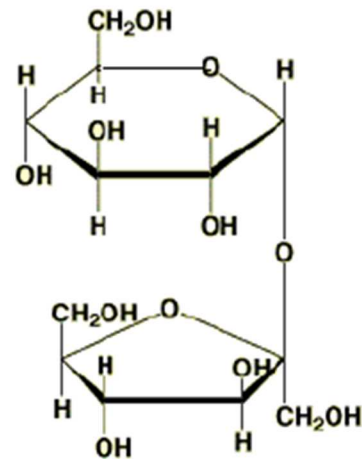


Figura 3.22. Sacarosa

Hay gran variedad de oligosacáridos

Existe una gran variedad de oligosacáridos naturales con estructuras químicas muy diversas. Se trata de compuestos formados por un número de monosacáridos que oscila entre 4 y 10 unidos entre sí por enlaces glucosídicos formando cadenas que suelen ser ramificadas.

Normalmente no se encuentran en estado libre, sino unidos covalentemente a otras biomoléculas como lípidos o proteínas y son abundantes en la cara externa de las membranas celulares donde cumplen importantes funciones en los procesos de **reconocimiento** (ver Tema 9).

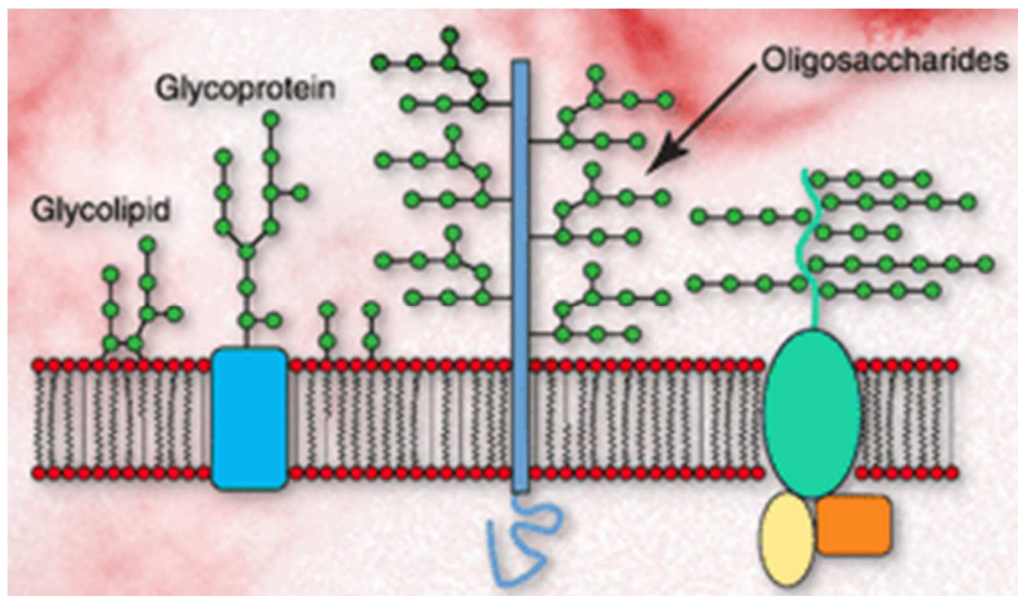


Figura 3.23. Oligosacáridos en la membrana celular externa. Fuente: <http://www.ehu.eus/bio>

moleculas/hc/sugar33b.htm

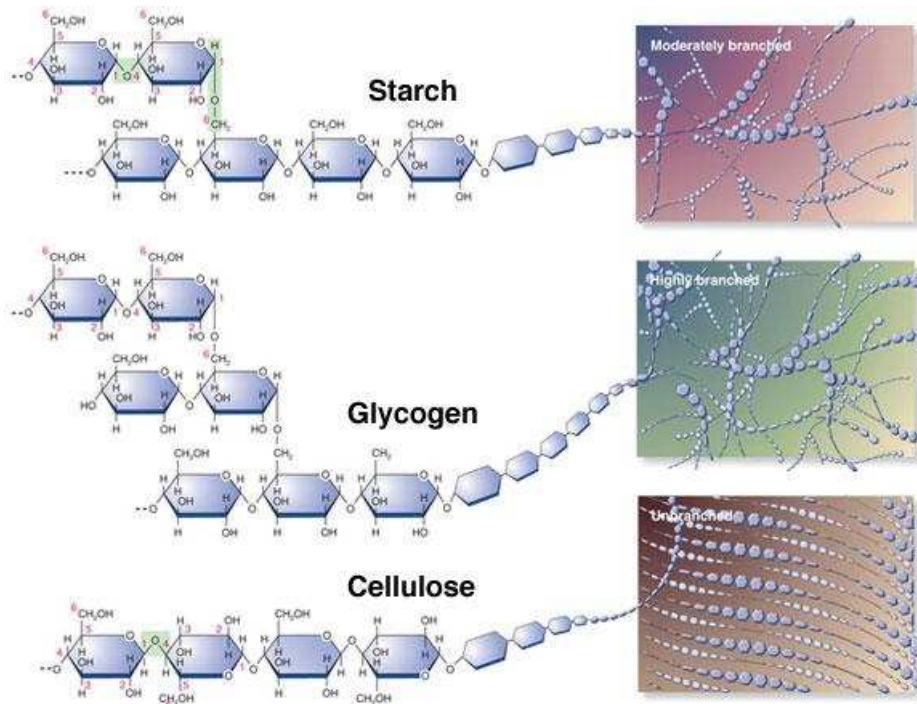


Figura 3.24. Los tres principales polisacáridos formados por glucosa, observar la diferencia en su ramificación

3.4 LOS POLISACÁRIDOS SON MACROMOLÉCULAS

Los polisacáridos son glúcidos formados por la unión, mediante enlaces O-glucosídico, de once a varios miles de monosacáridos o derivados de ellos. Estos polímeros se diferencian entre sí por el tipo y número de monosacáridos que los constituyen y por la ramificación de sus cadenas. Dado que son polímeros pueden descomponerse por hidrólisis. Las características físico-químicas de los polisacáridos son bastante diferentes de las de di- y monosacáridos porque al tener un peso molecular elevado, ya no son solubles en agua, sino que forman dispersiones coloidales, no son cristalizables, y pierden el sabor dulce. Gracias a la capacidad de almacenamiento de glucosas como polímeros en forma de almidón o glucógeno, se reducen al máximo los cambios de presión osmótica que la glucosa libre podría ocasionar, tanto en el interior de la célula como en el medio extracelular. Tampoco tienen carácter reductor, porque en las largas cadenas de monosacáridos con uniones 1,4 no hay carbonos con grupo carbonilo libre suficientes para dar positivo en la reacción.

El almidón y el glucógeno son polímeros de almacenamiento

El almidón es un homopolisacárido formado de α -glucosas, constituye la fuente de glúcidos más importantes en la dieta humana y es el principal elemento de reserva de las plantas, que lo sintetizan a partir de glucosa durante la fotosíntesis. Se localiza en tubérculos, bulbos, rizomas de vegetales, etc. y su función es de reserva de energía. Se almacena en unos plastos

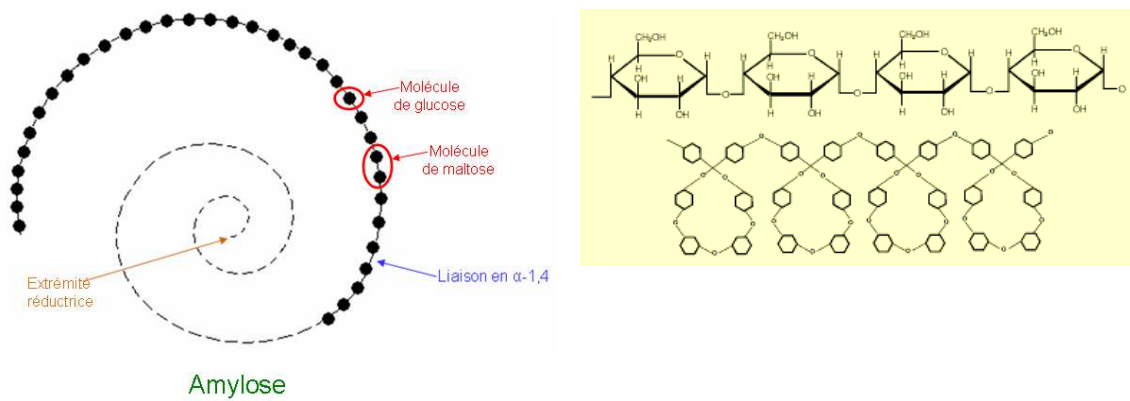


Figura 3.25. Amilosa. Fuente: <https://biochemistryquestions.wordpress.com/tag/carbohydrates/>

especiales, los amiloplastos. No es soluble por lo que forma disoluciones coloidales. Al hidrolizarse se forma primero maltosas y estas a su vez glucosas. La estructura de una molécula de almidón es compleja, porque contiene dos polímeros distintos de glucosa, la amilosa y la amilopectina.

La **amilosa** presenta una estructura helicoidal sin ramificaciones y constituye la parte central de la molécula de almidón. Constituye aproximadamente el 20-30% en peso de la composición del almidón. Está formada por unidades de glucosa, unidas mediante enlaces α (1→4), encontrándose 6 unidades de glucosa por cada vuelta de hélice.

La **amilopectina** constituye aproximadamente el 70-80% restante del gránulo de almidón y se encuentra formada por cadenas helicoidales de glucosas, unidas también en 1→4, pero hay ramificaciones cada 24 ó 30 unidades que se unen a través de enlace α (1→6).

En la hidrolisis del almidón intervienen la glucosidasa (que ataca los enlaces α (1→6)), la amilasa (que da como producto maltosas) y la maltasa (que hidroliza la maltosa originando glucosas).

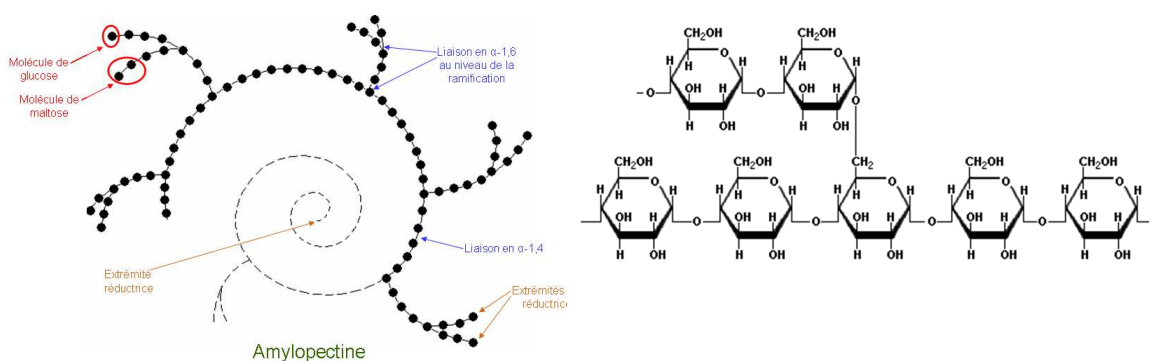


Figura 3.26. Amilopectina y ramificación del almidón

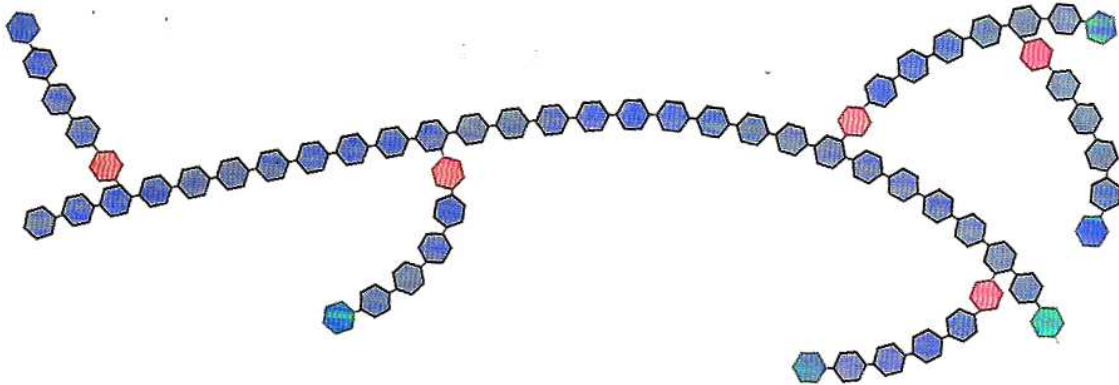


Figura 3.27. Estructura ramificada del glucógeno

El glucógeno es el principal elemento de reserva de los animales y hongos, que obtienen de él el aporte continuo de energía que necesitan, degradándolo hasta la glucosa. Se encuentra en el hígado y en el tejido muscular. Su estructura es similar a la amilopectina, está formado por cadenas muy largas y ramificadas de glucosas conectadas por enlaces α (1 \rightarrow 4) con ramificaciones en α (1 \rightarrow 6) situadas cada 8 o 12 moléculas. Es, por tanto, más ramificada que la amilopectina, lo que pone de manifiesto una ventaja adaptativa, ya que a mayor número de ramificaciones, más rápido se obtiene glucosa cuando se precisa para la actividad animal.

La celulosa y la quitina son polímeros estructurales

Celulosa: es el componente principal de las paredes celulares de las células vegetales, lo que explica que sea uno de los polímeros más abundante en la Tierra. Las unidades de glucosa se encuentran conectadas por enlaces β (1 \rightarrow 4) giradas unas en relación a otras y muy apretadas. Como se vio anteriormente este enlace es muy resistente, los enzimas digestivos humanos no lo atacan, por lo que su valor alimenticio es bajo; sin embargo, la celulosa genera una gran cantidad de residuos que facilitan el buen funcionamiento del aparato digestivo.

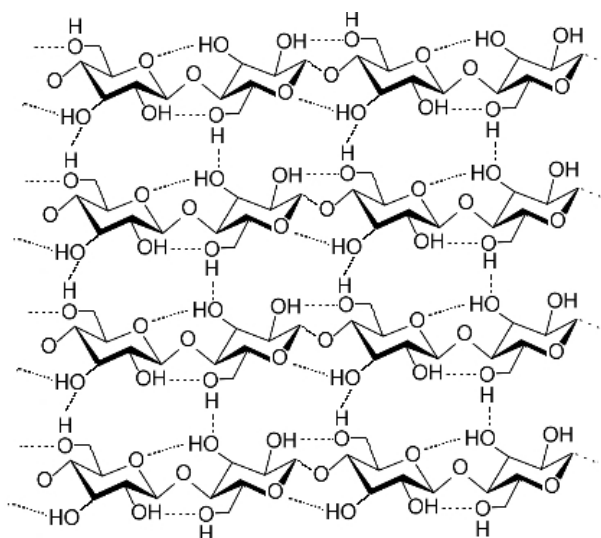


Figura 3.28. Estructura molecular de la celulosa y enlaces por puentes de hidrógeno

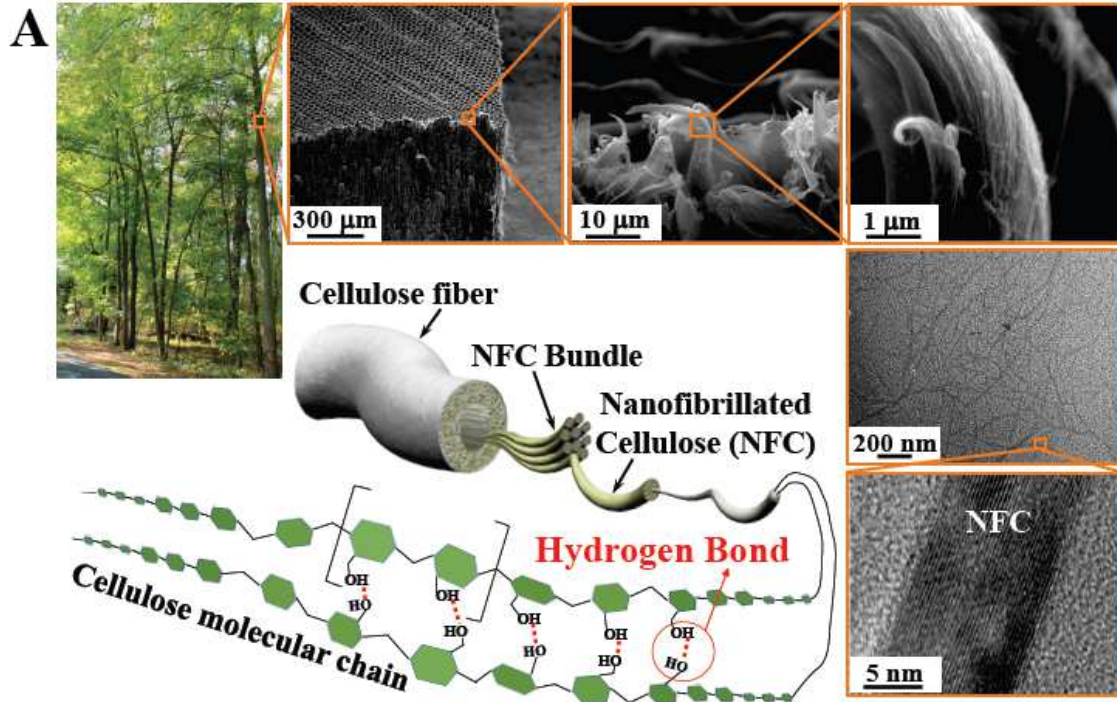


Figura 3.29. Estructura polimérica, microfibrillas, fibrillas y fibras de celulosa. Fuente: <http://imechanica.org/node/19074>

Unidades de β-D-glucosa forman cadenas lineales no ramificadas que se unen entre sí por puentes de hidrógeno y constituyen las **microfibrillas o nanofibrillas**. Estas se unen para formar fibrillas, que se agrupan, a su vez, para formar **fibras** de celulosas muy rígidas e insolubles en agua.

Las fibras de celulosa se disponen en capas o láminas de dirección alternante. Esta estructura permite que puedan realizar su función de sostén y protección a la célula vegetal

Quitina: Forma parte del **exoesqueleto** de los artrópodos y de las paredes celulares de los **hongos**. Posee una estructura similar a la de la celulosa; forma cadenas lineales que se organizan en capas alternas, lo que le confiere gran resistencia y dureza. La quitina es una de las claves del éxito de los artrópodos, ya que contribuye a su locomoción y les proporciona protección frente a las agresiones externas del medio que les rodea. El monómero es un derivado de la glucosa, un amino-azúcar llamado, N-acetil-glucosamina, que de forma similar a la celulosa se une con enlaces β (1-4) y forma cadenas no ramificadas unidas por puentes de H.

Los heterósidos son moléculas complejas con un aglucón

Entre los **heterósidos** nos vamos a centrar en ejemplos de **glucoproteínas**, que podemos diferenciar por las diferencias de tamaños entre la parte glucídica y la proteica o aglucón.

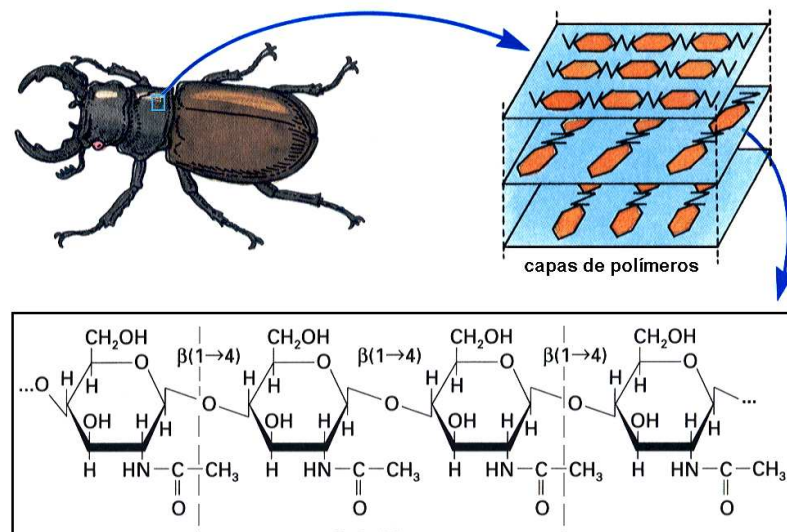


Figura 3.30. Exoesqueleto de un artrópodo y estructura molecular de la quitina

En los **proteoglucanos**, mucinas o **mucoproteínas** la parte glucídica y la proteica tienen tamaños similares. Se caracterizan porque la parte central proteica que se encuentra unida covalentemente a numerosas ramificaciones laterales glucídicas, que son **glucosaminoglucanos (GAG)**. Los GAG son a su vez heteropolisacáridos, formados por dos osas repetidas y tienen capacidad de retener agua. Los proteoglucanos abundan en los tejidos conjuntivos formando parte de la matriz, donde cumplen diversas funciones. En general tienen función defensiva y lubricante en el aparato digestivo, respiratorio y urogenital.

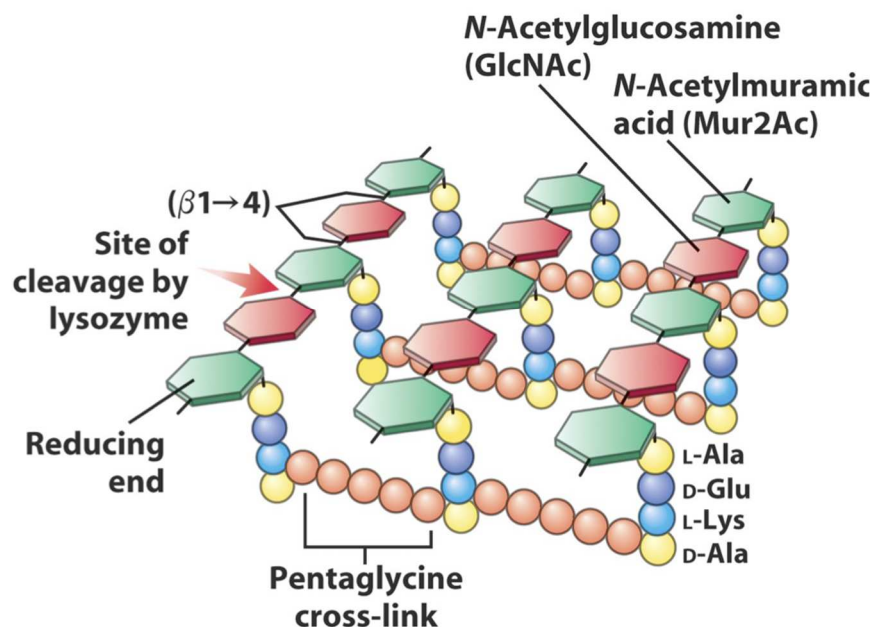


Figura 3.31. Estructura molecular de la mureina o peptidoglucano. Fuente:

<https://www.coursehero.com/file/p5r87v3/Cytoplasm-27-Some-features-of-bacterial-cell-structure>

En las **glucoproteínas** de la **membrana** celular la fracción glucídica es más pequeña que la proteica. En concreto se trata de **oligosacáridos** más o menos ramificados, que como vimos antes, funcionan como marcadores o señalizadores en la membrana, junto con glucolípidos, como los cerebrósidos y los gangliósidos, que se verán con más detalle en el [Tema 4](#).

Finalmente, el **peptidoglucano** o **mureina** consiste en una pequeña fracción proteica, formada por cortas cadenas peptídicas, en comparación con la parte glucídica, compuesta de dos derivados de la glucosa (N-acetilglucosamina y ácido N-acetilmurámico). La mureina es el componente rígido de las paredes bacterianas, con función estructural.

3.5 FUNCIONES DE LOS GLÚCIDOS

Gracias a la formación de las estructuras cíclicas estables, los monosacáridos tienden a ser poco reactivos, los que los hace ideales para determinadas funciones como construcción, transporte y reserva de energía. Los monosacáridos se utilizan para fabricar estructuras sean inertes, estables y duraderas. Pueden ser transportados de una zona a otra del cuerpo sin que causen daño ni reaccionen con otras moléculas del entorno. También son útiles como moléculas energéticas, pues se forman en la fotosíntesis y son almacenadas como polisacáridos en determinadas zonas de la planta. Gracias a la capacidad de almacenamiento del polisacárido, se reducen al máximo los cambios de presión osmótica que la glucosa libre podría ocasionar, tanto en el interior de la célula como en el medio extracelular.

Entre sus funciones destacan:

Energética, siendo los disacáridos y sobre todo los monosacáridos una fuente de energía inmediata, la glucosa es la principal fuente energética de las células, aunque también se pueden usar otros monosacáridos. Los polisacáridos funcionan como **reserva energética**, recordar que el almidón y glucógeno están formados únicamente por glucosas unidas por enlaces O-glucosídicos fácilmente hidrolizables.

Estructural, los polisacáridos celulosa, quitina y mureina tienen función estructural, ya que son el componente principal de las paredes celulares; la celulosa en vegetales, la quitina en y la mureina en bacterias. Además, la quitina también forma el exoesqueleto de los artrópodos. La ribosa y la desoxirribosa son dos monosacáridos con función estructural a nivel molecular pues forman parte del ARN y del ADN, respectivamente.

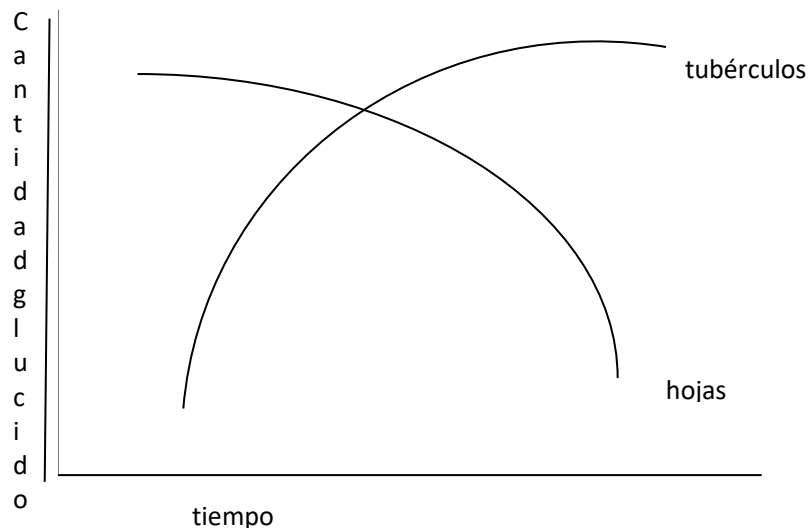
Finalmente, hay que considerar que la secuencia de monosacáridos de un glúcido complejo y el tipo de enlace que presentan funciona como un **mensaje** portador de información biológica. Por esto, otra importante función de los glúcidos es la de **marcadores** o **señalizadores**, principalmente los oligosacáridos ligados a proteínas y lípidos. Las glucoproteínas y glucolípidos de la membrana celular (ver [Tema 9](#)), las inmunoglobulinas (ver [Tema 22](#)) y los proteoglicanos son algunos ejemplos destacados. Los glúcidos compuestos participan en casi todos los procesos biológicos, desde la señalización intracelular, al desarrollo de órganos, pasando por el crecimiento de un tumor. Son importantes en las interacciones entre células, en procesos inmunológicos para defenderse de patógenos, en la formación de biofilms protectores, etc. En relación a esta función, se abre un nuevo campo llamado **glucómica**, en

paralelo a la genómica, que estudia todos los tipos de glúcidos, principalmente glúcidos complejos, su estructura y función, así como los genes que codifican las glicoproteínas.

CUESTIONES Y EJERCICIOS

1. Señala los carbonos asimétricos en la D-glucosa
2. ¿Todos los disacáridos son dulces? ¿Todos tienen poder reductor? Razona ambas cuestiones
3. Sin añadir ningún reactivo ¿cómo podrías diferenciar claramente un tubo de ensayo con agua que contiene glucosa de otro que contiene glucógeno? ¿A qué se deben las diferentes propiedades físico-químicas de mono y polisacáridos?
4. En su primer trabajo de investigación Pasteur estudio los dos estereoisómeros de un derivado de la glucosa (el ácido tartárico) y sus mezclas equimoleculares, llamadas mezclas racémicas, que son ópticamente inactivas. El observó que cuando crecían hongos sobre estas mezclas se transformaban en ópticamente activas. Explica por qué.
5. A partir de la fórmula de la lactosa, escribe la reacción de hidrólisis, indicando el tipo de enlace que se rompe y cuáles son los productos resultantes.

Los mamíferos, y entre ellos los humanos, disponen de una enzima (β -galactosidasa) que ayuda a realizar dicha hidrólisis. En los humanos desaparece cuando alcanzan los 3-4 años de edad, salvo en los individuos de la raza caucásica. Con este dato explica la importancia de la fabricación de quesos y derivados lácteos en la mayoría de las culturas.



6. La gráfica superior muestra las cantidades relativas de glúcidos en hojas y tubérculos de una planta de patata. Interpretala indicando los cambios que se producen y explica las correspondientes reacciones