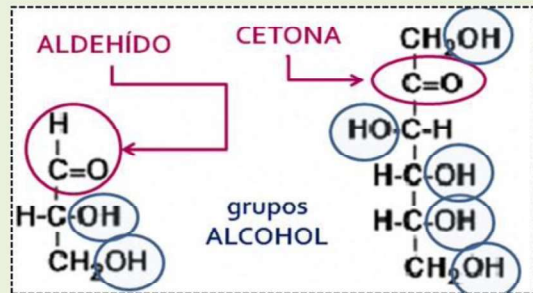


TEMA 2: LOS GLÚCIDOS

¿Qué entendemos por GLÚCIDO?

Son biomoléculas formadas por C, H y O en la proporción $(CH_2O)_n$. También se les denomina azúcares porque los más sencillos son dulces, o hidratos de C.



En todos los glúcidos siempre aparece:

- una serie de átomos de C unidos a radicales $-H$ y a grupos alcohol o hidroxilo $(-OH)$, por ello se dice que son polialcoholes
- un grupo carbonilo $(C=O)$ que puede ser o bien un aldehído $(-CHO)$ formando un polihidroxialdehído o bien una cetona $(-C=O)$ formando una polihidroxiacetona.

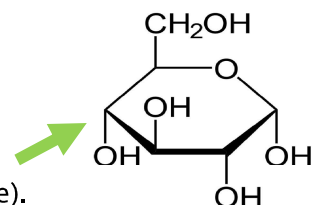
* CLASIFICACIÓN DE LOS GLÚCIDOS:

| -OSAS monosacáridos | ALDOSAS (el carbonilo es un aldehído) | | | Gliceraldehído, Ribosa, Glucosa |
|--|--|---|---|---|
| | CETOSAS (el carbonilo es una cetona) | | | Dihidroxiacetona, Ribulosa, Fructosa |
| -ÓSIDOS monosacáridos unidos entre sí por enlaces O-glucosídicos | HOLÓSIDOS (solo glúcidos) | OLIGOSACÁRIDOS (2-10 monosacáridos) | DISACÁRIDOS (2 monosacáridos) | Maltosa, Sacarosa Lactosa, Celobiosa |
| | | POLISACÁRIDOS (+ de 10 monosacáridos) | HOMOPOLISACÁRIDOS (mismo monosacárido) | Almidón, Celulosa, Glucógeno, Quitina |
| | | | HETEROPOLISACÁRIDOS (distintos monosacáridos) | Pectina, Hemicelulosa, Agar-agar |
| | HETERÓSIDOS (combinados con otras biomoléculas) | GLUCOLÍPIDOS (glúcido + lípido) | | Cerebrósidos, Gangliósidos |
| | | GLUCOPROTEÍNAS, PROTEOGLUCANOS, PEPTIDOGLUCANOS (glúcido + proteína) | | Glucoproteínas de membrana (glucocálix) |

1. MONOSACÁRIDOS (osas):

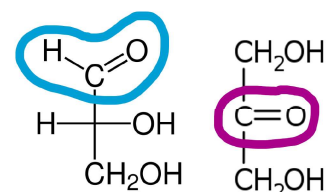
Son los glúcidos más simples, constituidos por una sola cadena de 3 a 9 carbonos, y se caracterizan por:

- ser sólidos cristalinos de color blanco.
- tener sabor dulce.
- ser solubles en H_2O gracias a la polaridad que le otorgan los grupos $-OH$.
- ser reductores debido a la presencia de un grupo carbonilo.
- adoptar estructura cíclica en solución acuosa (solamente si el ciclo es estable).



Se nombran de forma genérica según el grupo funcional y el número de carbonos que tengan en su cadena:

| | | |
|-------------------|---------------|-----------------------------|
| ALDOSA (aldehído) | TRIOSA (3 C) | → aldotriosa / cetotriosa |
| | TETROSA (4 C) | → aldotetrosa / cetotetrosa |
| | PENTOSA (5 C) | → aldopentosa / cetopentosa |
| CETOSA (cetona) | HEXOSA (6 C) | → aldohexosa / cetohehexosa |

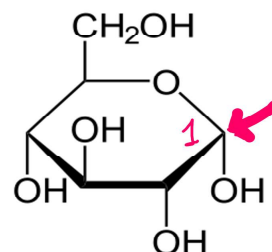


Oxidarse es perder e⁻
Reducirse es ganar e⁻

Todos los monosacáridos pueden oxidarse ya que poseen un grupo carbonilo (aldehído o cetona), que puede desprender sus electrones (e). Por eso, se dice que tienen poder reductor, ya que los e⁻ que pierden, los ganan otras sustancias reduciéndose.

Esta capacidad se utiliza en el laboratorio para identificar su presencia utilizando la reacción de Fehling. Todos los monosacáridos y la mayoría de disacáridos (excepto la sacarosa) son capaces de reducir el reactivo de Fehling, haciendo que los iones Cu²⁺ de una disolución azul de CuSO₄ ganen un e⁻, reduciéndose a Cu⁺ y formando Cu₂O, un precipitado de color rojizo. En cambio, los polisacáridos dan negativo en la reacción de Fehling, pues no son reductores y el líquido permanece azul.

En la forma cíclica, el C=O desaparece como tal y pasa a llamarse C anomérico. No obstante, mantiene su poder reductor siempre que el C anomérico esté libre, como ocurre siempre en los monosacáridos. En el caso de un disacárido, será reductor siempre que alguno de los dos C anoméricos de los dos monosacáridos que se unen no forme parte del enlace y quede libre.

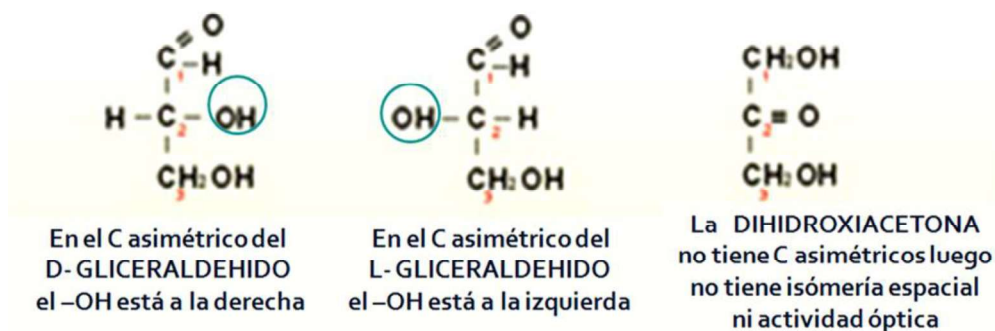


*** ISOMERÍA Y ACTIVIDAD ÓPTICA** → siempre que haya C asimétricos (=con los 4 radicales distintos).

Los estereoisómeros o isómeros espaciales tienen la misma fórmula molecular y justo la misma secuencia de átomos enlazados entre sí (y los mismos grupos funcionales), pero no son superponibles por tener distinta disposición de los átomos en el espacio. Para que una molécula presente estereoisómeros y, por ello, actividad óptica, debe tener un C asimétrico o C quiral, es decir, unido a cuatro radicales diferentes (en cada uno de los 4 enlaces del C se tiene que mirar todo el resto de molécula a lo que está unido, no solo si es otro C, un O o un H). De hecho, el nº de estereoisómeros que presenta un monosacárido depende del nº de carbonos asimétricos. Una molécula con n C asimétricos puede tener 2ⁿ estereoisómeros.

Existen varios tipos de estereoisómeros o isómeros espaciales en los monosacáridos: los enantiómeros, los diastereoisómeros (y dentro de ellos los epímeros) y, en las estructuras cíclicas, los anómeros.

Cuando un isómero espacial o estereoisómero es la imagen especular del otro (como si se mirara en un espejo) ambos se denominan **ESTRUCTURAS ENANTIÓMORFAS o ENANTIÓMEROS**. Hay dos tipos de enantiómeros, la serie D- y la serie L-. Para determinar si un enantiómero es D o es L hay que fijarse en la posición del grupo -OH (a la derecha: D y a la izquierda: L) del C asimétrico más alejado del grupo funcional (que en la proyección lineal o proyección de Fischer debe estar siempre arriba). En las aldotriosas no hay problema porque sólo hay un C asimétrico (2¹: 2 estereoisómeros).



*;Recuerda El L-gliceraldehído y el D-gliceraldehído son enantiómeros. Si el monosacárido tuviera más C asimétricos, para ser enantiómeros, tendrían que tener los -OH de todos los C asimétricos en posición opuesta.

Los estereoisómeros que no son superponibles pero tampoco son la imagen especular uno del otro se denominan **DIASTEREOISÓMEROS**. Un tipo especial de diastereoisómeros son los **epímeros**, que son moléculas casi iguales que solo se diferencian en la posición de los sustituyentes de uno de los C asimétricos y los otros son completamente iguales.

Los monosacáridos que poseen C asimétricos o quirales, además de presentar isomería espacial o estereoisomería, presentan actividad óptica, es decir son capaces de desviar la luz polarizada:

- DEXTRÓGIROS (+): desvían la luz polarizada a la derecha.
- LEVÓGIROS (-): desvían la luz polarizada a la izquierda.

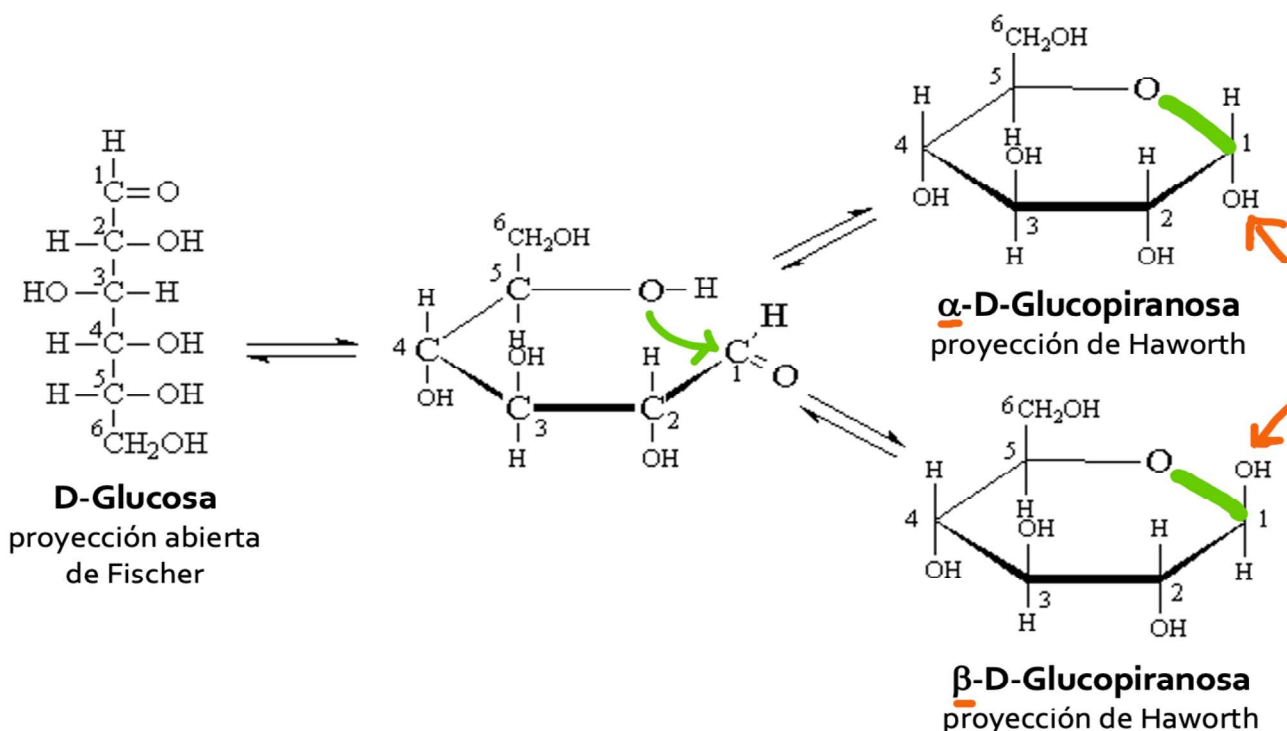
¡OJO! Ser dextrógiro o levógiro NO TIENE NADA QUE VER con ser un enantiómero D- /L-. A diferencia de lo que ocurre con las formas enantiomorfas D-/L-, es imposible saber si un monosacárido es dextrógiro (+) o levógiro (-) solo mirando la fórmula → Necesitas utilizar un polarímetro (un aparato especial que envía luz polarizada a una solución del azúcar) y observar si se desvía la luz o no, y si lo hace, si es hacia la derecha (+) o hacia la izquierda (-).

1.1 Ciclación de las pentosas y de las hexosas: ENLACE HEMIACETAL/ HEMICETAL

Las triosas y tetrasas siempre presentan estructuras abiertas, pero a partir de 5 átomos de C las osas suelen formar estructuras cíclicas al disolverse.

Se llama C anomérico al C que, en la estructura abierta formaba parte del $-C=O$ (C1 en aldosas y C2 en cetosas) y que al formarse el ciclo, queda unido a través de un O al penúltimo C de la cadena.

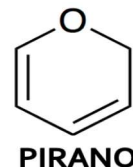
En la ciclación, reacciona el -OH del penúltimo carbono de la cadena atacando al C del grupo carbonilo y se quedan ambos unidos mediante el enlace hemiacetal (si es una aldosa) o hemicetal (si es una cetosa). Ese C ya no puede mantener el doble enlace con el O del carbonilo así que pasa a ser un enlace simple, y el O del carbonilo se convierte en -OH al ganar un H^+ del medio.



Tras la ciclación, el C1 anomérico (que antes no era asimétrico porque era un aldehído o una cetona) se transforma en asimétrico y, por tanto, se generará una mezcla de dos estereoisómeros dependiendo de si el grupo -OH queda en el mismo plano o no que el -CH₂OH de la posición 6 que queda fuera del ciclo. Estos estereoisómeros se denominan **anómeros** y pueden ser:

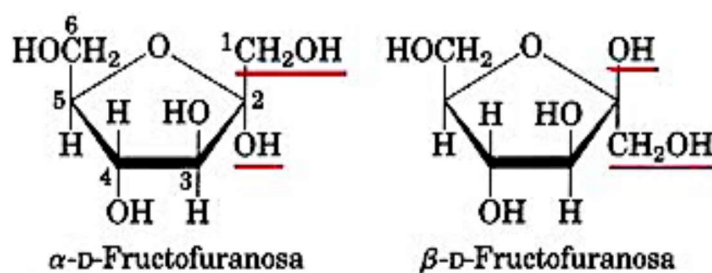
- Si el -OH queda en distinto plano que el -CH₂OH, es decir, si el monosacárido está en la proyección de Haworth y el -OH queda hacia abajo, entonces es el anómero α .
- Si el -OH queda en el mismo plano que el -CH₂OH, es decir, si el monosacárido está en la proyección de Haworth y el -OH queda hacia arriba, entonces es el anómero β .

Además, los monosacáridos cambian de nomenclatura tras la ciclación tomando el nombre de los anillos de pirano y furano, según sean un hexágono o un pentágono respectivamente.

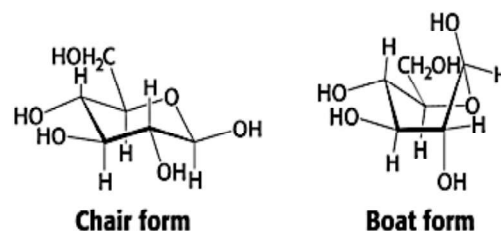


- Las CETOPENTOSAS, como las TETROSAS y TRIOSAS, no se ciclan porque no son estables.
- Las ALDOPENTOSAS suelen ciclarse en pentágonos: FURANOSAS. Ej: ribosa \rightarrow ribofuranosa.
- Las HEXOSAS serán furanosas o piranosas dependiendo de si poseen un aldehído o cetona:
 - ALDOHEXOSA (Ej: glucosa) \rightarrow enlace hemiacetal \rightarrow PIRANOSA (Ej: glucopiranosas).
 - CETOHEXOSA (Ej: fructosa) \rightarrow enlace hemiacetal \rightarrow FURANOSA (Ej: fructofuranosa).

***CICLACIÓN DE LA FRUCTOSA:** La fructosa puede tener dos formas cíclicas. En la ciclación, reacciona el alcohol del C5 con el grupo cetona del C2 (formando un enlace hemiacetal). La reacción puede producir dos estereoisómeros: los anómeros α y β , según si el grupo -OH del C2 está en distinto plano que el grupo -CH₂OH de la posición 6 que queda fuera del ciclo (α -D-fructofuranosa) o en el mismo plano que el C6 (β -D-fructofuranosa).

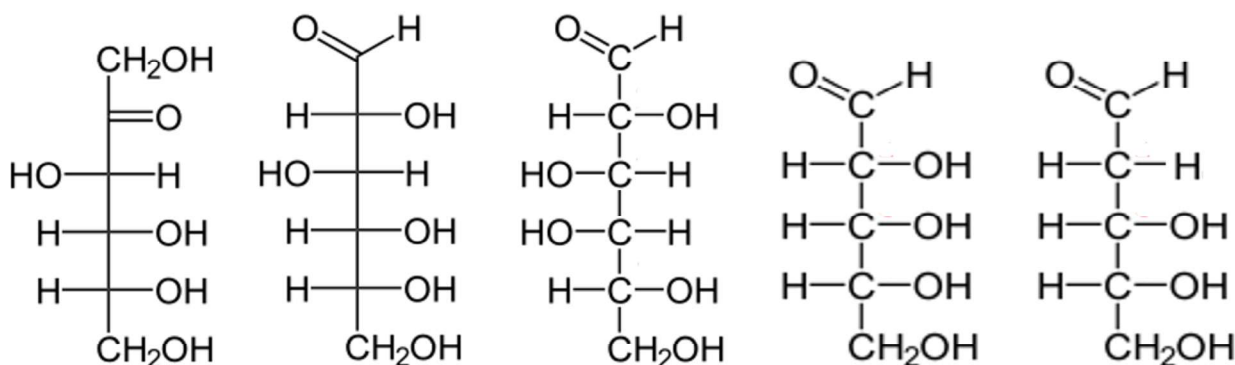


***¡OJO!** En el espacio, las estructuras cíclicas de la glucosa no son planas sino que suelen adoptar dos conformaciones en el espacio: conformación "en silla" (la más estable) y "en nave".



1.2. Los monosacáridos más representativos (HAY QUE SABER RECONOCER LAS FÓRMULAS)

Proyección de Fischer (ESTRUCTURA ABIERTA)



D-Fructosa

D-Glucosa

D-Galactosa

D-Ribosa

D-Desoxirribosa

La D-fructosa y D-glucosa son iguales pero una es aldosa y otra cetosa. Tienen todos los -OH a la derecha menos el C 3

La D-galactosa es la "mano heavy". Es como la glucosa, solo cambia el -OH del C 4

La D-ribosa y D-desoxirribosa son aldopentosas. La D-ribosa tiene todos los -OH a la derecha. La D-desoxirribosa no tiene el -OH en 2 (des-oxi): tiene -H

** Tal y como se aprecia en las figuras, todos los monosacáridos (y, por tanto, todos los glúcidos en general) que forman parte de los seres vivos y tienen importancia en su metabolismo son siempre los enantiómeros D-*

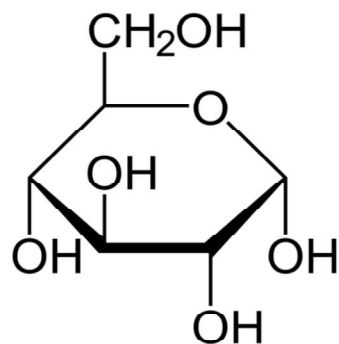
* **D-GLUCOSA**: Es una aldohexosa que en disolución acuosa se encuentra como glucopiranos. Es tan pequeña que puede atravesar las membranas celulares y aporta la mayor parte de la energía que necesitan las células. Su concentración en sangre es la glucemia, especialmente importante en diabéticos. Forma polisacáridos estructurales (celulosa) y de reserva energética (almidón y glucógeno).

* **D-FRUCTOSA**: Es una cetohexosa que en disolución acuosa se encuentra como fructofuranosa. Se encuentra libre en las frutas y unida a la glucosa en el disacárido sacarosa. En el hígado se transforma en glucosa, por ello los diabéticos pueden utilizarla como sustitutivo.

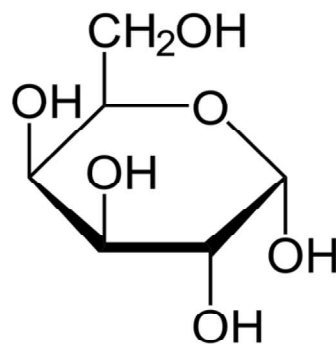
* OTRA ALDOHEXOSA es la **D-GALACTOSA** que con la glucosa forma el disacárido lactosa de la leche.

* En cuanto a las PENTOSAS, destaca la cetopentosa RIBULOSA (importante en la fase oscura de la fotosíntesis ya que es el sustrato de la enzima RuBisCO) y, por supuesto, las aldopentosas **D-RIBOSA** y la **D-DESOXIRIBOSA** que forman parte del ARN y ADN respectivamente.

Proyección de Haworth (ESTRUCTURA CÍCLICA)

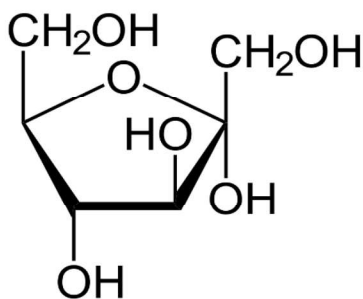


α -D-Glucopiranos

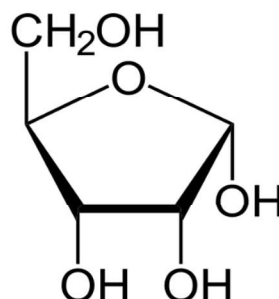


α -D-Galactopiranos

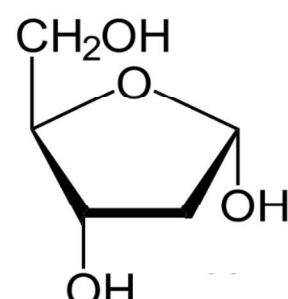
Para diferenciar las estructuras cíclicas de la D-glucopiranos de la D-galactopiranos, recordad que en la D-glucopiranos el -OH del C4 va hacia abajo. En cambio, en la D-galactopiranos va hacia arriba



α -D-Fructofuranosa



α -D-Ribofuranosa



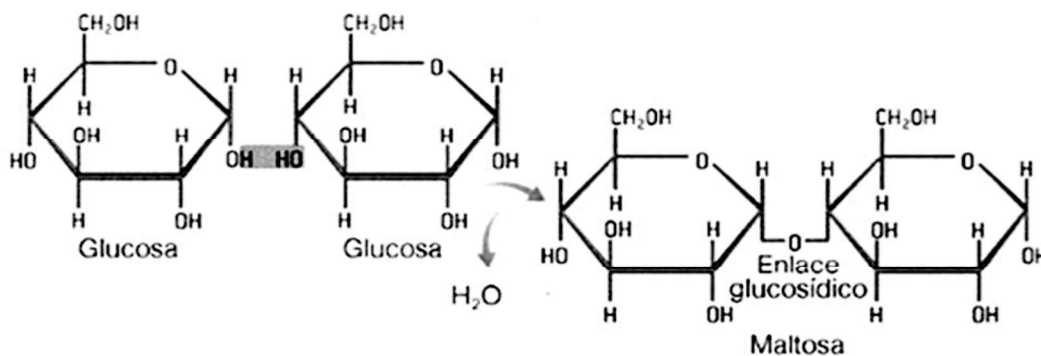
α -D-Desoxirribofuranosa

Para diferenciar la D-fructofuranosa de la D-ribofuranosa y la D-desoxirribofuranosa, hay que fijarse en que la D-fructofuranosa tiene un grupo -CH₂OH en el C anomérico (que al ser una cetosa no es el C1 como en las aldosas sino es el C2). Recordad también que la D-desoxirribofuranosa no tiene el -OH en el C2 como la D-ribofuranosa.

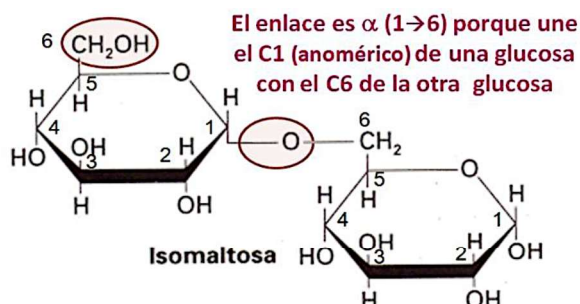
2. EL ENLACE O-GLUCOSÍDICO

Es un enlace covalente en el que el grupo -OH del C anomérico (C1) de un monosacárido reacciona con un -OH. Quedan unidos mediante un O y se libera una molécula de H₂O.

El enlace O-glucosídico se denomina α -glucosídico cuando el 1º monosacárido es el anómero α y se llama β -glucosídico cuando es el anómero β . El 2º monosacárido no importa. En el ejemplo anterior, la maltosa, el enlace es $\alpha(1 \rightarrow 4)$. Entre paréntesis aparece el nº de los dos C que intervienen en el enlace.



Los enlaces más comunes en los glúcidos importantes en los seres vivos son los enlaces O- glucosídicos $\alpha(1-4)$ y $\alpha(1-6)$ en el caso de los glúcidos de reserva energética. Los enlaces $\alpha(1-4)$ forman cadenas y los enlaces $\alpha(1-6)$ permiten que haya ramificaciones. También abundan los enlaces O- glucosídicos $\beta(1-4)$, que debido a su mayor resistencia, son comunes en glúcidos estructurales.

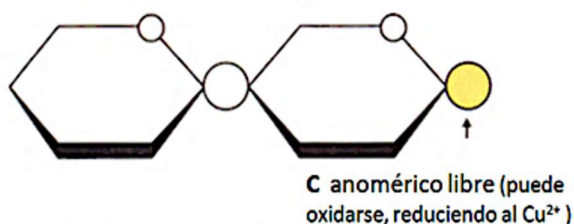


*¡OJO! En todos los enlaces anteriores, solamente interviene el -OH del C anomérico (también llamado C carbonílico) del 1º monosacárido. Por esta razón, se les denomina **enlaces monocarbonílicos**.

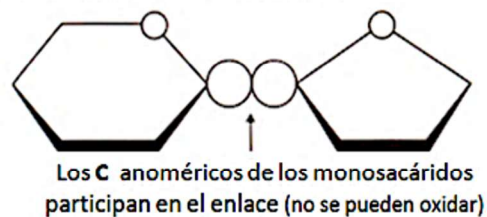
No obstante, existen casos en los que los grupos -OH que reaccionan son los de ambos C anoméricos. Por tanto, como en el enlace están implicados tanto el C carbonílico del 1º monosacárido como el C carbonílico del 2º monosacárido, se dice entonces que son **enlaces dicarbonílicos**.

Cuando se produce un enlace dicarbonílico no queda ningún C anomérico libre y, como consecuencia, ese disacárido no será capaz de reducir el reactivo de Fehling, dando negativo en esa reacción. Es el caso de la sacarosa que presenta un enlace O- glucosídico $\alpha(1-2)$ en el que reacciona el C1 de la glucopiranososa (es el C anomérico) y el C2 de la fructofuranosa, que al ser una cetosa es también su C anomérico. Por tanto, la sacarosa es el único disacárido de los que estudiaremos que no es reductor.

DISACÁRIDO REDUCTOR

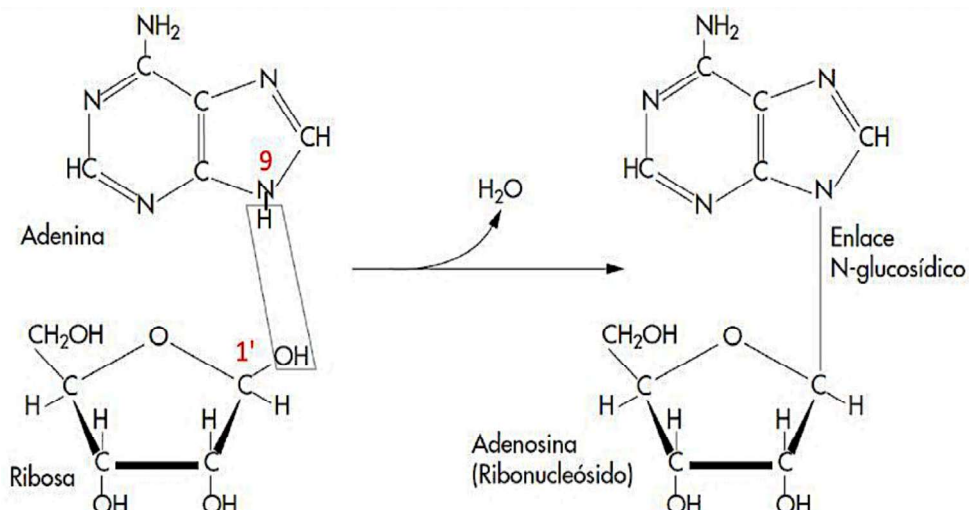


DISACÁRIDO NO REDUCTOR



* **ENLACE N-GLUCOSÍDICO**

Cuando el grupo alcohol (-OH) de un monosacárido reacciona con una amina, y ambos carbonos quedan unidos por un N. Aparece en los nucleótidos del ARN y ADN pues es el enlace que une la base nitrogenada a la pentosa (sea la ribosa o la desoxirribosa). También está en la QUITINA (en la N-acetilglucosamina).



2.1. Los disacáridos más representativos, tipo de enlace y su función

* **MALTOSA**: Son 2 moléculas de glucosa (glucopiranosas en realidad) unidas por enlace O-glucosídico $\alpha(1\rightarrow4)$. Se obtiene por hidrólisis del almidón. En la naturaleza se encuentra sobre todo en la cebada. La cebada se utiliza principalmente para elaborar cerveza y malta.

* **LACTOSA**: Una galactosa (galactopiranosas) unida a una glucosa (glucopiranosas) por enlace O-glucosídico $\beta(1\rightarrow4)$. Se encuentra en la leche de mamíferos. Durante la digestión se hidroliza en galactosa y glucosa gracias a una enzima denominada **lactasa**. El déficit de esta enzima produce la "intolerancia a la lactosa". Todos los recién nacidos expresan la lactasa para poder hidrolizar la lactosa de la leche materna, pero pueden perder la capacidad de producir lactasa si no continúan tomando leche en su dieta.

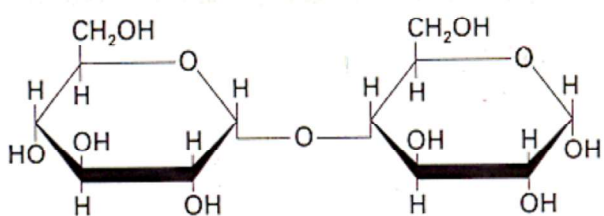
* **SACAROSA**: Una glucosa (glucopiranosas) unida a una fructosa (fructofuranosa) por enlace O-glucosídico $\alpha(1\rightarrow2)$. Se encuentra en la caña de azúcar y en la remolacha. En el enlace $\alpha(1\rightarrow2)$ no queda ningún C anomérico libre (enlace dicarbonílico) por lo que la sacarosa es un disacárido sin carácter reductor.

Otros disacáridos importantes, aunque no tanto como los anteriores, son los siguientes:

* **ISOMALTOSA**: Son 2 moléculas de glucosa (glucopiranosas en realidad) unidas por enlace $\alpha(1\rightarrow6)$.

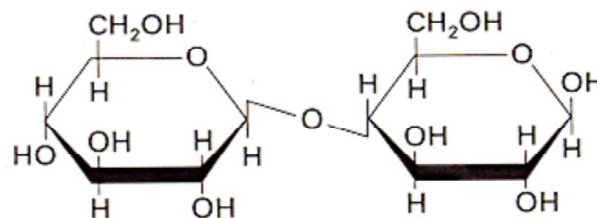
* **CELOBIOSA**: Son 2 glucopiranosas unidas por enlace $\beta(1\rightarrow4)$. Se obtiene por hidrólisis de la celulosa

¡El enlace O-glucosídico también puede romperse! Existen enzimas hidrolasas que rompen de forma específica los disacáridos o polisacáridos liberando sus monosacáridos \rightarrow es la llamada **HIDRÓLISIS**. (Ej: la **lactasa** hidroliza la lactosa, la **celulasa** hidroliza la celulosa o la **amilasa** que hidroliza el almidón).



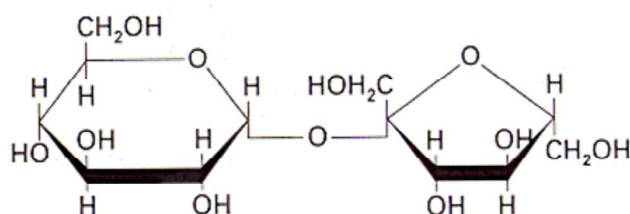
maltosa $\alpha(1-4)$

α -D-glucopiranosil (1-4) α -D-glucopiranosas



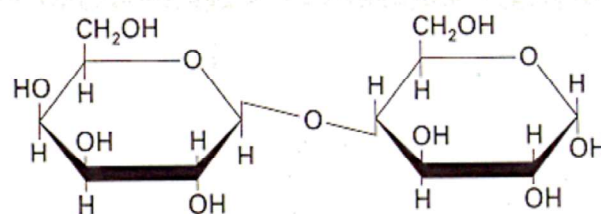
celobiosa $\beta(1-4)$

β -D-glucopiranosil (1-4) β -D-glucopiranosas



sacarosa $\alpha(1-2)$

α -D-glucopiranosil (1-2) β -D-fructofuranosa



lactosa $\beta(1-4)$

β -D-galactopiranosil (1-4) α -D-glucopiranosas

2.2. Resto de oligosacáridos

Los oligosacáridos son la unión de 2 hasta 10 monosacáridos a través de enlaces O-glucosídicos. Por tanto, dentro de los oligosacáridos se incluirían tanto los disacáridos anteriores como los trisacáridos, tetrasacáridos, etc.

3. POLISACÁRIDOS

Los polisacáridos son glúcidos complejos formados por más de 10 monosacáridos (incluso 1000) o derivados de ellos, unidos entre sí mediante enlaces O-glucosídicos. Se caracterizan por ser macromoléculas de peso molecular elevado, y eso hace que no sean solubles en H₂O (la celulosa es completamente insoluble pero otros polisacáridos como el almidón sí que forman dispersiones coloidales). No son dulces ni cristalizan y carecen de poder reductor (pues poseen un C anomérico al final de cada cadena pero al ser moléculas muy grandes, el poder reductor de estos pocos C anoméricos es despreciable).

En los polisacáridos, la presencia de enlaces α o β determina su función (de reserva de glucosas para obtener energía o polisacárido con función estructural):

- ♦ Los **enlaces α** son fácilmente hidrolizables y los polisacáridos con enlaces α suelen ser de reserva, porque pueden almacenar y luego liberar monosacáridos cuando sea necesario.
- ♦ En cambio, las enzimas que hidrolizan los enlaces β no son frecuentes y los polisacáridos con **enlaces β** suelen ser resistentes a la hidrólisis: función estructural.

Se distinguen dos clases de polisacáridos: los **homopolisacáridos** constituidos por un único tipo de monosacáridos y los **heteropolisacáridos**, formados por más de un tipo de monosacárido.

3.1. Homopolisacáridos importantes (excepto en la quitina siempre formados por glucosas)

- **POLISACÁRIDOS DE RESERVA ENERGÉTICA:** con enlaces $\alpha(1-4)$ y a veces ramificaciones $\alpha(1-6)$

Entre los homopolisacáridos que almacenan glucosas como reserva energética destacan el almidón en células vegetales y el glucógeno en células animales y hongos.

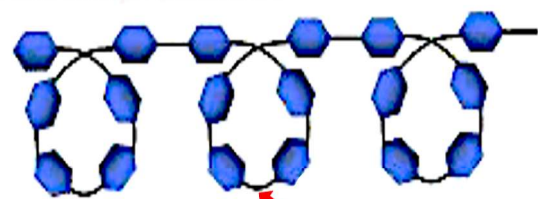
▪ **ALMIDÓN:**

Es un homopolisacárido de reserva presente en **células vegetales** concentrado en gránulos de almidón o en el interior de amiloplastos. Es abundante en semillas, cereales y tubérculos (patatas).

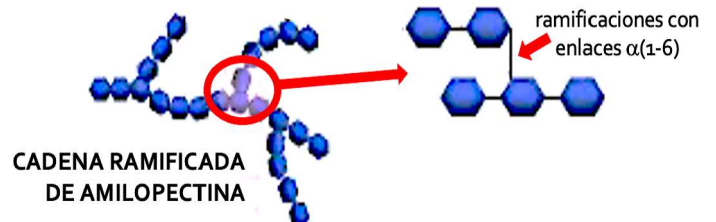
El almidón está formado por una mezcla de dos polímeros o moléculas:

- **Amilosa:** Muchas **glucopiranosas** que se unen con enlaces $\alpha(1-4)$. Estas maltosas (pareja de glucosas) forman **cadena sin ramificar** que se disponen **enrolladas helicoidalmente**.
- **Amilopectina:** Está formada por **cadena lineales** de **glucopiranosas** unidas mediante enlace $\alpha(1-4)$ que se disponen **helicoidalmente**. De estas cadenas salen ramificaciones también de cadenas de **glucopiranosas** unidas entre ellas por enlaces $\alpha(1-4)$. Las **ramificaciones** se unen a la cadena principal mediante enlaces $\alpha(1-6)$.

CADENA LINEAL DE AMILOSA



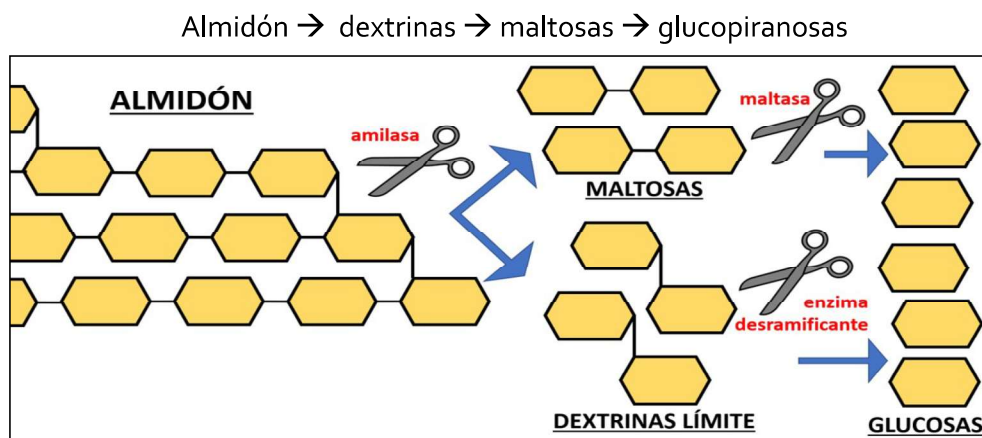
glucopiranosas
unidas por enlaces $\alpha(1-4)$



CADENA RAMIFICADA
DE AMILOPECTINA

El almidón puede detectarse en el laboratorio porque reacciona con el lugol (mezcla de yodo y yoduro potásico de color ocre o marrón) dando un color violeta / azul intenso muy característico. El lugol no reacciona con azúcares más simples (monosacáridos, disacáridos, etc.).

La **hidrólisis** del almidón se lleva a cabo por unas enzimas específicas, presentes en la saliva y en el jugo pancreático, denominadas **amilasas**. El producto de la hidrólisis son maltosas y dextrinas (con ramificaciones). Finalmente se obtienen glucopiranosas libres como resultado de la acción de otras enzimas como la maltasa (que hidroliza la maltosa) y la enzima desramificante (que hidroliza las dextrinas límite).



La formación de almidón a partir de glucosas en las células vegetales se llama AMILOGÉNESIS.

■ GLUCÓGENO:

Es un homopolisacárido de reserva presente en **células animales** concretamente en hígado y músculo (en gránulos citoplasmáticos). También es el polisacárido de reserva en hongos.

El glucógeno es un polímero de **glucopiranosas** similar a la amilopectina, es decir, con enlaces $\alpha(1-4)$ y $\alpha(1-6)$, aunque con ramificaciones mucho más frecuentes.

La formación de glucógeno a partir de glucosas en el citosol de los hepatocitos y, en menor medida, de las células musculares se denomina GLUCOGENOGÉNESIS.

➤ POLISACÁRIDOS CON FUNCIÓN ESTRUCTURAL: con enlaces $\beta(1-4)$

El polisacárido estructural más importante es la celulosa, presente en la pared celular de las plantas, pero también destaca la quitina, presente en la pared celular de los hongos y exoesqueletos de artrópodos. Ambos poseen enlaces $\beta(1-4)$, más estables y difíciles de hidrolizar que los enlaces α .

■ CELULOSA:

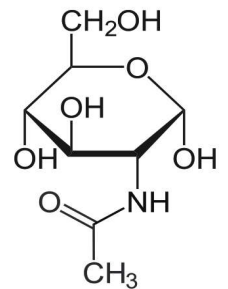
Es un homopolisacárido estructural de **células vegetales**, especialmente en el tejido de **sostén de la pared celular**. Es un polímero de **glucopiranosas** unidas mediante enlace O-glucosídico $\beta(1-4)$ formando **cadena lineales sin ramificaciones** que se disponen paralelamente unidas por enlaces de H. Cada pareja de glucosas constituye una **celobiosa** y todas unidas, la celulosa.



Mientras que la mayoría de los organismos sí que tienen enzimas que permiten descomponer el almidón en glucosa (por ello el almidón es una biomolécula de función energética para todos los seres vivos), muy pocos organismos tienen enzimas capaces de romper los enlaces $\beta(1\rightarrow4)$ de la celulosa, y entre ellos no se encuentran las personas. Solo los rumiantes y otros herbívoros son capaces de hidrolizar la celulosa ya que poseen una microbiota en el tubo digestivo que produce los enzimas capaces de hidrolizarla además de un tubo digestivo con una longitud considerable. En nuestro caso, que no tenemos celulasas capaces de hidrolizar el enlace β , la celulosa es expulsada en las heces al no ser digerida. Es lo que en nutrición se conoce como **fibra alimentaria**.

▪ **QUITINA:**

Es un homopolisacárido estructural que forma parte del exoesqueleto de los artrópodos y de la pared celular de los hongos. Es el único hasta ahora que no está formado por glucopiranosas sino por un derivado nitrogenado de la glucosa, la N-acetil-glucosamina, unida mediante enlaces O-glucosídicos $\beta(1-4)$ en cadenas no ramificadas.



3.2. Heteropolisacáridos importantes (formados por monosacáridos distintos)

Muchos heteropolisacáridos forman parte de la pared celular de las plantas y otros suelen usarse en la industria alimentaria por sus propiedades gelificantes:

- **PECTINA:** Está formada por ácido galacturónico entre otros. Forma parte de la pared celular vegetal, siendo el principal componente de la lámina media. Abunda en manzanas, peras, ciruelas, etc. En nutrición, es la llamada fibra alimentaria soluble y se usa en la industria alimentaria como gelificante p.ej. en mermeladas.
- **HEMICELULOSA:** También forma parte de las paredes celulares, pero además de glucosa contiene otros monosacáridos como la galactosa.
- **AGAR- AGAR:** Se extrae de algas rojas. Se usa en medios de cultivo y en industria alimentaria.
- **GOMA ARÁBIGA:** Exudado de las plantas que las protege de heridas/grietas. También se usa en la industria alimentaria.
- **MUCOPOLISACÁRIDOS:** Se trata de heteropolisacáridos segregados por glándulas mucosas. Los mucopolisacáridos aportan viscosidad a diversos líquidos corporales y contienen ácido glucurónico y N-acetil-glucosamina. También se denominan glucosaminoglicanos (GAGs). Los mucopolisacáridos más importantes son:
 - **Ácido hialurónico:** heteropolisacárido en el que uno de los monosacáridos que se repite en su estructura posee un grupo ácido $-\text{COO}^-$. Estas cargas negativas le permiten interaccionar con otros compuestos de la matriz extracelular. Se encuentra en el tejido conectivo, en el humor vitreo del ojo y en el líquido sinovial de las articulaciones.
 - **Sulfato de condroitina,** está presente principalmente en tejidos que poseen una gran matriz extracelular como los tejidos conectivos. De hecho, es el componente básico del cartílago (le aporta resistencia a la compresión y sus propiedades mecánicas y elásticas).
 - **Heparina,** sustancia anticoagulante que se localiza en los pulmones, hígado, etc. En clínica la heparina es muy utilizada como anticoagulante inyectable.

3.3. Heterósidos y glúcidos asociados a otras moléculas

A veces encontramos glúcidos asociados a otras moléculas. Entre ellos destacan:

- Si los mono u oligosacáridos se unen a moléculas de bajo peso molecular → se llaman HETERÓSIDOS p.ej. algunos antibióticos y principios activos de plantas medicinales (digitalina).
- Si los monosacáridos u oligosacáridos se unen a lípidos → GLUCOLÍPIDOS de la membrana plasmática, entre los que destacan los cerebrósidos y gangliósidos.
- Por último, las moléculas que poseen una fracción glucídica y otra proteica se denominan:
 - GLUCOPROTEÍNAS (Fracción proteica >>> glucídica): muy importantes en la cara externa de la membrana plasmática (glucocálix), abundantes en las mucinas de secreción. Otros ejemplos relevantes son las glucoproteínas de la sangre y, por supuesto, las inmunoglobulinas (=anticuerpos).
 - PROTEOGLUCANOS (Fracción proteica < glucídica): cuya parte glucídica son heteropolisacáridos, concretamente mucopolisacáridos como el ácido hialurónico o la condroitina. De hecho, la mayor parte de los mucopolisacáridos se encuentran asociados a proteínas en forma de proteoglucanos.
 - PEPTIDOGLUCANO (Fracción proteica << glucídica): constituye la pared celular bacteriana

4. FUNCIONES DE LOS GLÚCIDOS *(ver también las funciones de los monosacáridos)*

- **Función energética:** Mediante la oxidación de monosacáridos (glucosa) y disacáridos, la célula obtiene energía para realizar sus funciones. El valor energético de los glúcidos es de 4 Kcal/gr. Los polisacáridos de reserva como el almidón y glucógeno constituyen un sistema perfecto para acumular gran cantidad de glucosa en el interior de la célula, sin aumentar en exceso la presión osmótica. Cuando la célula necesita energía se hidrolizan y se obtienen glucosas.

No obstante, los animales necesitamos disponer de gran cantidad de energía para realizar nuestras funciones vitales y, en este sentido, la densidad de las grasas es menor que la de los polisacáridos y eso favorece la movilidad en los animales. Además, a igualdad de volumen, las grasas tienen mayor rendimiento energético (9 kcal/g) que los polisacáridos. Es por esta razón que almacenar la mayor parte de energía en forma de lípidos responde de forma más eficiente a las necesidades metabólicas de los animales.
- **Función estructural:** Los seres vivos los utilizan para fabricar estructuras, así tenemos:
 - Celulosa y la pectina forman la pared de las células vegetales.
 - Quitina forma el exoesqueleto de los artrópodos y la pared de los hongos.
 - Peptidoglucano forma la pared celular bacteriana.
 - Ribosa y desoxirribosa formando parte de los ácidos nucleicos.
- **Especificidad en la membrana plasmática:** Las glucoproteínas y glucolípidos de la cara externa de la membrana plasmática (en la superficie celular) forman parte del **glucocálix**. Contribuyen a la selección de determinadas sustancias que pueden entrar a la célula, actúan como receptores, etc.
- **Otras funciones específicas:** por ejemplo dentro del grupo de los heterósidos hay antibióticos y otros principios activos de plantas medicinales como la digitalina. También hay proteoglucanos con propiedades anticoagulantes de la sangre como la heparina, etc.