

## SERIE Nº 2. Hidratos de Carbono

### Glúcidos

También llamados hidratos de carbono o carbohidratos, forman un grupo de compuestos que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno. Muchos glúcidos comunes cumplen la fórmula empírica  $(CH_2O)_n$ , mientras que otros no; algunos glúcidos también contienen nitrógeno, fósforo o azufre.

Se definen como **polihidroxialdehídos** o **polihidroxicetonas**, o **compuestos que por hidrólisis generan polihidroxialdehídos o polihidroxicetonas**.

Son los compuestos orgánicos más abundantes en la naturaleza. Las plantas verdes y las bacterias los producen en el proceso conocido como *fotosíntesis*, durante el cual absorben el dióxido de carbono del aire por acción de la energía solar para producir glucosa y otros productos químicos necesarios para los organismos donde sirven tanto para las funciones estructurales esenciales como para almacenar energía. Para almacenar la energía, las plantas usan almidón y los animales glucógeno; cuando se necesita la energía, las enzimas los descomponen en glucosa.

Los carbohidratos se clasifican en **monosacáridos**, **oligosacáridos** y **polisacáridos**.

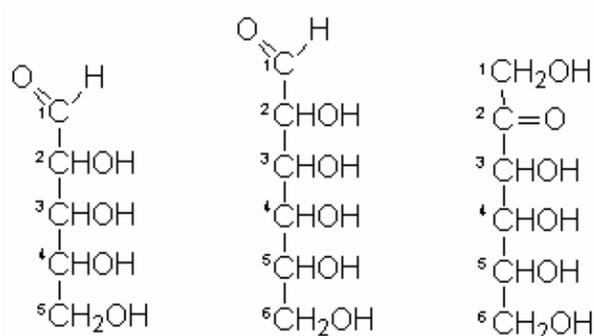
### Monosacáridos

Son polihidroxialdehídos o polihidroxicetonas. La estructura contiene varios grupos hidroxilos y un grupo carbonilo.

Estos compuestos pueden quemarse u oxidarse a dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y agua ( $H_2O$ ), produciendo energía en forma de ATP.

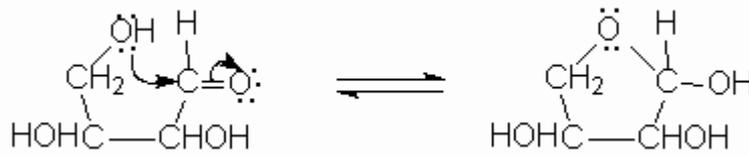
El sufijo que se utiliza al referirnos a ellos es "**osa**". Una **hexosa** es por tanto, un monosacárido de **seis** átomos de carbono. Si el **carbonilo** se presenta como **aldehído** será una **aldohexosa** y si se presenta de forma similar a una **cetona**, diremos es una **cetohexosa**.

La mayoría de los monosacáridos naturales son pentosas o hexosas.

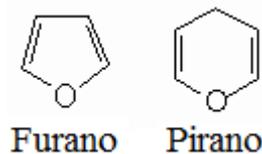


### Ciclación de los Monosacáridos

Por ataque nucleofílico de los electrones del oxígeno alcohólico, sobre el carbono carbonílico, las aldosas o cetosas, de cuatro, cinco y seis átomos de carbono forman estructuras cíclicas **hemiacetálicas**.



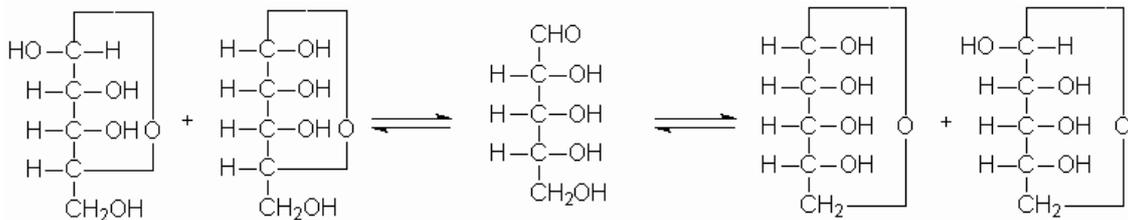
Un monosacárido formando anillos de cinco miembros, es una **furanosa**, si es de seis miembros se dice que es una **piranosa**. Las denominaciones provienen de los heterociclos furano y pirano.



### Representación de los Monosacáridos

**Fórmulas de Fischer-Tollens:** son útiles para representar estructuras abiertas.

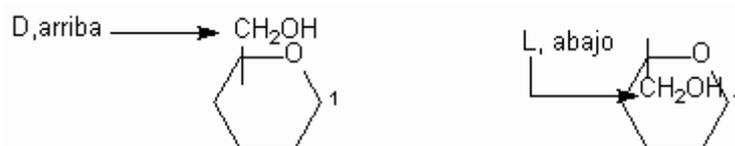
Lo que ocurre en solución acuosa de la D-ribosa, en los que se alargan los enlaces del átomo de oxígeno.



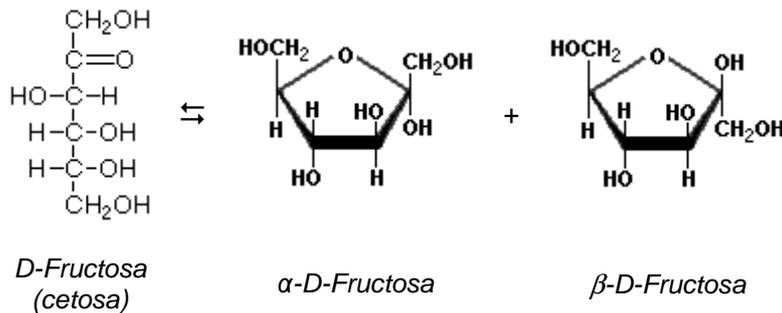
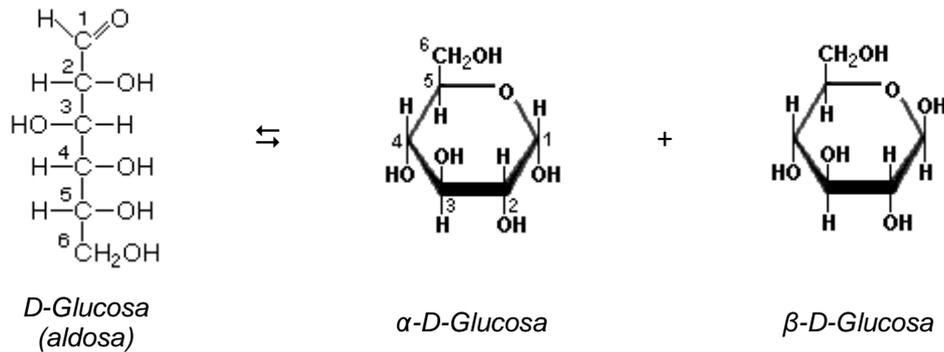
**Fórmulas de Haworth:** representación de una estructura cíclica.

Si la osa cicla en forma de pirano, se representa un anillo de seis miembros con el oxígeno a la derecha y arriba. Si la osa cicla en forma de furano, se representa un anillo de cinco miembros con el oxígeno ubicado en el centro del anillo.

- a) Si es un monosacárido que pertenece a la **familia D**, el **carbono 6** (grupo terminal:  $-\text{CH}_2\text{OH}$ ), en la aldohexosas o cetohehexosas, se representa **arriba del anillo**. Si fuera de la familia L, se representa abajo:



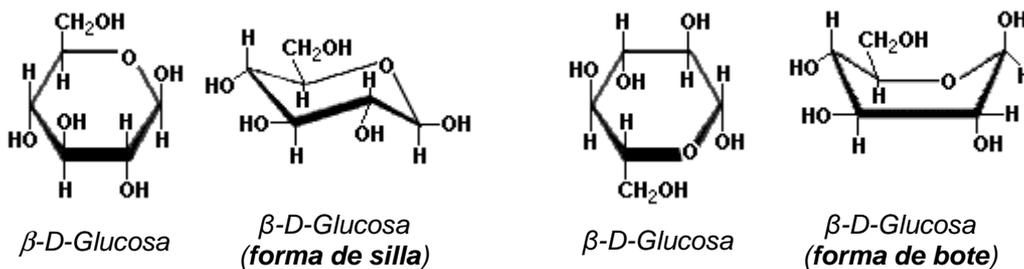
- b) Todos los hidróxidos que en una estructura de Fischer están a la derecha, en la fórmula perspectiva de Haworth se representan abajo y todos los hidróxidos que en la representación de Fischer están a la izquierda, en la de Haworth se representarán arriba del ciclo o anillo, los átomos de hidrógeno no se representan.



Por reacción entre el hidroxilo del C5 y el carbonilo, se cicló la molécula, se producen dos estructuras cíclicas hemiacetálicas o diastereoisómeros, denominados **anómeros  $\alpha$  y  $\beta$** .

Las fórmulas perspectivas de Haworth se acercan más a la realidad, son superiores sin dudas a las de Fischer-Tollens.

Las furanosas con sus anillos de 5 miembros son casi planas. Las piranosas, aún más acorde con la realidad, no se encuentran en el plano sino que poseen estructuras conformacionales, la estructura de silla (más estable) y la estructura de bote.



En la estructura conformacional, los sustituyentes que quedan arriba en la fórmula de Haworth, se sitúan arriba en esta también y los que quedan abajo en la fórmula de Haworth, pues se colocan abajo en la conformacional.

### Algunos monosacáridos de interés

- La **D-Glucosa**, es un sólido cristalino de color blanco, algo menos dulce que el azúcar destinado al consumo. Este azúcar monosacárido de seis carbonos, de

fórmula  $C_6H_{12}O_6$ , se caracteriza por tener una función hidróxido (OH) (característica de los alcoholes) en cada uno de los carbonos, excepto en el primero donde presenta una función aldehído. Se encuentra en la miel y en el jugo de numerosas frutas. Forma parte de los polisacáridos, tanto de reserva como estructurales, y constituye la base del metabolismo energético, ya que todos los seres vivos son capaces de metabolizar la glucosa. En nuestro organismo hay células (hematíes y retina), que sólo pueden obtener energía a partir de la glucosa. Está presente en la sangre de los animales, método de transporte para distribuir a este glúcido por todo el cuerpo, ingresarla en la célula y producir la "respiración celular" (glucólisis - PDH - ciclo de Krebs - transporte de electrones).

- La **D-Manosa** y la **D-galactosa**, así como sus derivados, aparecen en multitud de oligosacáridos de la superficie celular (como glicoproteínas o glicolípidos). La D-galactosa es un constituyente del disacárido lactosa, carbohidrato principal de la leche.
- La **D-fructosa** está presente en casi todas las frutas, a las que confiere su sabor dulce. Sus esteres fosfóricos también son importantes intermediarios metabólicos. La fructosa es un azúcar muy interesante para la industria, dado que, aunque su precio es superior al de la glucosa, esto se compensa en parte por su mayor poder edulcorante, superior incluso al de la sacarosa.
- Son de especial interés las aldopentosas **D-ribosa** y su derivado **2-D-desoxirribosa**, constituyentes fundamentales de los ácidos nucleicos. Otras aldopentosas que se encuentran en la naturaleza son la **D-xilosa**, que forma parte de los xilanos de la madera.

### Disacáridos

- **Celobiosa [ $\beta$ -D-glucopiranosil-(1 $\rightarrow$ 4)-D-glucopiranososa]**. No existe como tal en la naturaleza y se obtiene a partir de la hidrólisis de la celulosa, un polisacárido que forma parte de la pared celular en las plantas superiores. Está formado por dos unidades de glucosas unidas por enlaces  $\beta$  1 $\rightarrow$ 4.
- **Sacarosa [ $\alpha$ -D-glucopiranosil-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-fructofuranosa]**. El azúcar de mesa, es el más abundante en el reino vegetal, formado por fructosa y glucosa y cuya fórmula es  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . La sacarosa no es reductora, pues el enlace entre los dos monosacáridos se da entre los hidróxidos de los carbonos anoméricos. Cristaliza en forma de agujas largas y delgadas. Por hidrólisis (ruptura por medio de agua ya que se necesita una molécula de agua para que queden completas ambas monosacáridos) da una mezcla de glucosa y fructosa. En el intestino delgado (humano), la separación tiene lugar gracias a la intervención de la sacarasa. Cuando se calienta a temperaturas superiores a 180°C, la sacarosa se transforma en una sustancia amorfa, de color ámbar y consistencia espesa, parecida al jarabe, llamada caramelo.
- **Lactosa [ $\beta$ -D-galactopiranosil-(1 $\rightarrow$ 4)-D-glucopiranososa]**. Es un disacárido formado por una unidad de galactosa y otra de glucosa, unidas por enlaces  $\beta$  1 $\rightarrow$ 4. Este azúcar se encuentra como tal en la leche. En el tubo digestivo de los lactantes, la lactosa es hidrolizada por una enzima específica, la lactasa o  $\beta$

galactosidasa. Todos los animales dejan de sintetizar lactasa después de la primera etapa de la vida, ya que la lactosa no existe en ningún alimento, y carece de "sentido biológico" el gasto que representa fabricar un enzima que sería inútil. Sin embargo, una parte minoritaria de la población humana, alrededor del 30%, ha conservado la capacidad de sintetizar lactasa durante la vida adulta, y consecuentemente puede digerir la lactosa. La ingestión de una cantidad significativa de leche por parte de una persona que no disponga de este enzima da lugar a un trastorno intestinal casi inmediato, con la aparición de diarrea y dolor abdominal. Es lo que se conoce como "intolerancia a la lactosa". En las personas que padecen este problema, la lactosa no digerida es fermentada por la flora bacteriana, dando lugar a gases y a compuestos de pequeño peso molecular, que aumentan la presión osmótica haciendo pasar agua a la luz intestinal.

- **Maltosa [ $\alpha$ -D-glucopiranosil-(1 $\rightarrow$ 4)-D-glucopiranososa].** No existe como tal en la naturaleza, y se obtiene a partir de la hidrólisis del almidón (un polisacárido de reserva en vegetales). Está formado por dos unidades de glucosas unidas por enlaces  $\alpha$  1 $\rightarrow$ 4.

### Polisacáridos

- **Almidón.** Es el principal polisacárido de reserva de la mayoría de los vegetales, y la principal fuente de calorías de la mayoría de la Humanidad. Se encuentra en forma de pequeños granos en muchas partes, u órganos constituyentes de las plantas, especialmente en semillas y tejidos vegetales embrionarios, en tubérculos de papa, semillas de arroz, maíz o trigo. Ellos sirven de nutrientes para el proceso germinativo y en general para el desarrollo de las plantas. Es importante como constituyente de los alimentos en los que está presente, tanto desde el punto de vista nutricional como tecnológico. Lo que llamamos almidón no es realmente un polisacárido, sino la mezcla de dos, la amilosa y la amilopectina. Ambos están formados por unidades de glucosa, en el caso de la amilosa unidas entre ellas por enlaces  $\alpha$  1 $\rightarrow$ 4 lo que da lugar a una cadena lineal. En el caso de la amilopectina, aparecen ramificaciones debidas a enlaces  $\alpha$  1 $\rightarrow$ 6. Las enzimas hidrolizan los almidones hasta sus unidades constituyentes de glucosa, la cual, sirve de nutriente y es utilizada para diferentes transformaciones metabólicas. Al tratar el almidón con agua caliente, este se separa en dos fracciones: una dispersable, que se conoce como amilosa (estructura lineal) y otra no dispersable, que es la mayoritaria, que se conoce como amilopectina (estructura ramificada).
- **Celulosa.** Es el polisacárido más abundante en la naturaleza. Constituye el tejido de sostén de las paredes o membranas de las células vegetales, formando microfibrillas de 14.000 unidades o más, que se torcionan y se unen a otras por puente de hidrógeno. Está formada por unidades de D-glucosa, los enlaces en el polisacáridos son  $\beta$  1 $\rightarrow$ 4. La celulosa es totalmente insoluble en agua, e indigerible por las enzimas humanas o de otros animales. Los rumiantes la degradan en el metabolismo ruminal, dado que sí existen celulasas en los microorganismos del rumen. En el tubo digestivo humano no se degrada, y forma parte de la "fibra".

- **Glucógeno.** Es la forma principal en que se almacena la glucosa en los animales superiores. Su estructura es muy semejante a la amilopectina, salvo que es mucho más ramificado (una ramificación cada 8 o 10 unidades de glucosa). El mayor grado de ramificación del glucógeno es una adaptación a su función biológica. La enzima encargada de la degradación del glucógeno es la **glucógeno fosforilasa**, que empieza a degradar el glucógeno a partir de sus extremos no reductores, atacando las uniones  $\alpha$  1 $\rightarrow$ 4. Así, cuantas más ramificaciones haya en la molécula, mayor será el número de puntos posibles de ataque por parte del enzima, y la movilización de las reservas energéticas será más rápida. Se almacena en el hígado y tejidos musculares.

### EJERCITACIÓN

1) Identifique el compuesto de la Figura N° 1 y responda:

- ¿Qué tipo de carbohidrato es?
- Nómbrelo.
- Escriba el anómero de la molécula.
- Escriba las fórmulas de sus epímeros más importantes y nómbrelos.

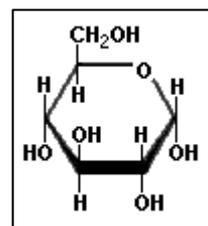


Figura N° 1

2) Escriba la fórmula desarrollada (método de Fischer y Haworth) de:

- $\beta$ -D-arabinosa (epímero en C2 de la ribosa).
- $\beta$ -L-arabinosa.
- $\alpha$ -D-xilosa (epímero en C3 de la ribosa).

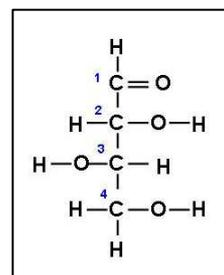


Figura N° 2

3) La sustancia de la Figura N° 2 tiene:

- 1 carbono asimétrico.
- 2 carbono asimétrico.
- 3 carbono asimétrico.
- 4 carbono asimétrico.

4) Escriba las estructuras de los siguientes disacáridos y nombre los monosacáridos que intervienen en su formación:

- Sacarosa.
- $\beta$ -Maltosa.
- $\alpha$ -Lactosa.
- $\alpha$ -Celulosa.

5) De los glúcidos escritos en el ejercicio 4, indique cuál/es son reductores y justifique su respuesta.

6) La sustancia cuya fórmula se observa en la Figura N° 3 es:

- $\alpha$  y D.
- $\alpha$  y L.
- $\beta$  y L.
- $\beta$  y D.

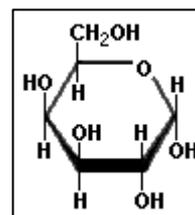


Figura N° 3

7) El enlace glicosídico se forma entre:

- Los OH hemiacetálicos de dos monosacáridos.
- El OH hemiacetálico de un monosacárido y otro OH cualquiera de otro monosacárido.
- Dos OH cualesquiera de dos monosacáridos.

8) Si lo que se observa en la Figura N° 4 es un fragmento de un polisacárido y el monómero que lo forma es la glucosa, lo más probable es que sea:

- El glucógeno.
- El almidón.
- La celulosa.

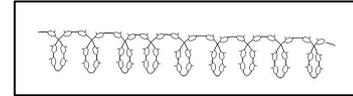
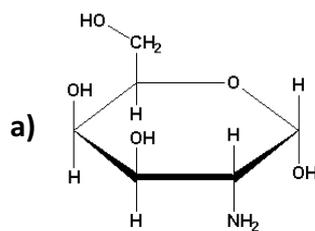


Figura N° 4

9) En un cuadro destaque las principales diferencias de Glucógeno y Almidón.

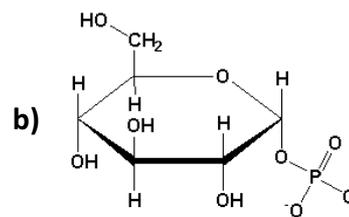
	Glucógeno	Almidón
Aspectos Estructurales		
Aspectos Funcionales		
Ubicación		

10) Clasifique los siguientes derivados de monosacáridos y nómbrelos.



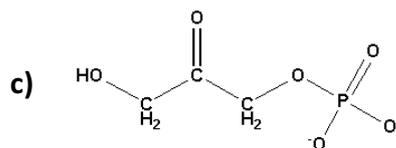
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



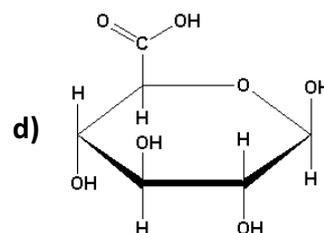
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- 10) La Figura N° 5 muestra una porción de polisacárido.
- Indique si se trata de homo ó heteropolisacárido.
  - Diga si las unidades intervinientes son monosacáridos ó derivados de monosacáridos.
  - Nómbrelas e identifíquelas.
  - Señale las uniones glicosídicas.

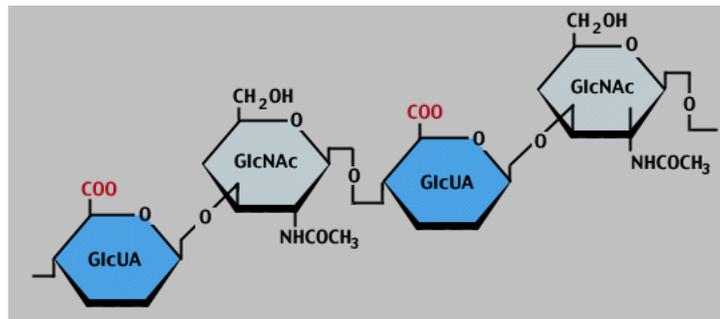


Figura N° 5