

## El azúcar en la enseñanza secundaria

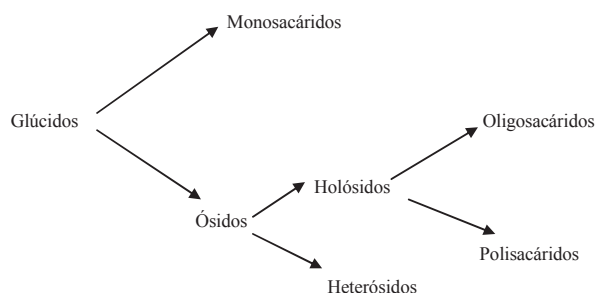
**Resumen:** Con este artículo pretendemos mostrar una Química cercana y divertida a la vez que explicamos conceptos de Física, Química y Biología. Mostraremos la parte más dulce de una Química maltratada; ya que muchas personas tienen la idea de que dicha ciencia es poco natural y hasta a veces insalubre. Para ello emplearemos como reactivos materiales tan comunes como son: el azúcar de mesa, levadura de pan, agua, limón, ceniza, etc. A través de diferentes procesos, pero siempre partiendo del azúcar, obtendremos: caramelo, carbón, bioetanol, etc.

### Introducción

Bajo el nombre de azúcares se recogen a un grupo de compuestos que actualmente se denominan **glúcidos**. Este último término proviene del vocablo griego *glykys* que significa dulce, aunque algunos, como por ejemplo el almidón, no presentan tal sabor.

Desde el punto de vista químico se trata de polialcoholes con un grupo aldehídico o cetónico o que por hidrólisis proporcionan estos. En su mayoría responden a la fórmula general  $C_n(H_2O)_n$ , por lo que se les denominó hidratos de carbono, nombre que actualmente sigue en uso aunque no tiene nada que ver con su estructura química.

Los glúcidos se dividen según el siguiente esquema en:



Esquema 1: clasificación de los glúcidos.

Los monosacáridos son azúcares simples, de los que el más frecuente en la naturaleza es la D-glucosa o azúcar de uva que también es conocida como dextrosa, debido a que desvía el plano de polarización de la luz polarizada a la derecha; tratándose por tanto, de una sustancia dextrógira.

Sin embargo otro monosacárido, la D-fructosa o azúcar de la fruta presenta una actividad óptica contraria, desviando el plano de polarización hacia la izquierda, por lo que se trata de una sustancia levógira. Esta es la razón por la cual a dicho monosacárido se le conoce también como levulosa.

Los oligosacáridos son los compuestos formados por la unión de pocas unidades de monosacáridos; siendo los más importantes los disacáridos. De éstos destacamos la sacarosa o azúcar de caña o remolacha y que es el compuesto al que nos referimos vulgarmente con la palabra azúcar.

<sup>1</sup>IES Vallecas I,  
Avda. La Albufera, 78; 28038-Madrid.  
C-e: [romanh@teleline.es](mailto:romanh@teleline.es)

<sup>2</sup>IES Isaac Peral  
C/La Plata, s/n; 28850-Torrejón de Ardoz (Madrid)  
C-e: [asequeira@auna.com](mailto:asequeira@auna.com)



Alicia Sánchez Soberón<sup>1</sup>

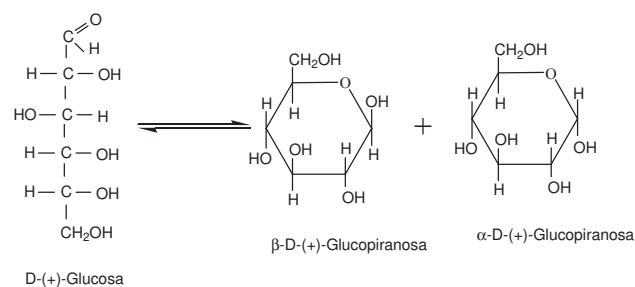


Ana Isabel Bárcena Martín<sup>2</sup>

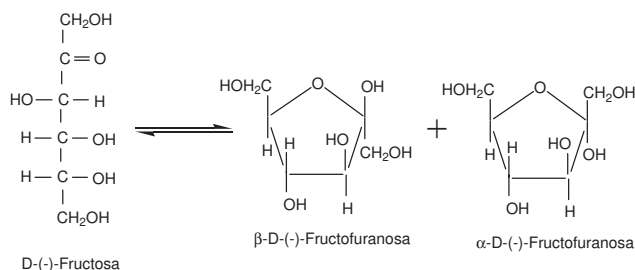
Los polisacáridos son las sustancias formadas por la unión de más unidades de monosacáridos. Como ejemplos tenemos la celulosa, el almidón y el glucógeno.

Por último, se denominan heterósidos a aquellos compuestos cuya hidrólisis proporciona, además de monosacáridos, otras sustancias de naturaleza no glucídica. Como ejemplo podemos citar la quitina.

Para explicar el comportamiento de los azúcares frente a diferentes compuestos es necesario recurrir a un equilibrio entre una forma abierta y una cerrada, en la que no aparece el grupo carbonilo y se forma un hemiacetal cíclico.

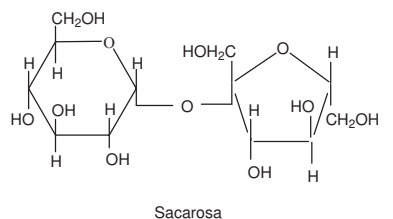


Esquema 2: Equilibrio entre la forma abierta y la cerrada de la D-(+)-Glucosa.



Esquema 3: Equilibrio entre la forma abierta y la cerrada de la D-(-)-Fructosa.

Los diferentes monosacáridos en forma cíclica se unen para dar los ósidos. Así, por ejemplo la sacarosa presenta la siguiente estructura:



$\alpha$ -D-Glucopiranosil - ( $\beta \rightarrow 1,2$ )- $\beta$ -D-fructofuranósido

Esquema 4: Estructura del azúcar.

A partir de este momento cada vez que hablemos de azúcar nos referiremos a dicho disacárido; si no fuese así se indicará el nombre del glúcido.

Pero, ¿qué es la sacarosa? Además de lo indicado anteriormente, podemos decir que la sacarosa es una sustancia cristalina de sabor dulce, soluble en agua y ligeramente soluble en alcohol y que junto con la lactosa, es el único disacárido que existe libre en la naturaleza.

Desde un punto de vista químico, podemos añadir que se trata de un azúcar no reductor; ya que posee enlace dicarbonílico lo que impide la existencia del grupo aldehídico o cetónico libre.

Entre los conceptos que nos permite trabajar el azúcar, destacamos los siguientes:

- Comprender el concepto de reacción química.
- Estudiar con mayor profundidad algunas reacciones químicas como son las deshidrataciones, combustiones, caramelizaciones, etc.
- Descubrir la existencia e importancia de los catalizadores en los procesos químicos.
- Diferenciar entre procesos endo- y exotérmicos.
- Conocer diferentes tipos de azúcares.
- Conocer algunas curiosidades de los azúcares como que no todos son dulces.

Y para abordar todos estos conceptos realizaremos las siguientes experiencias:

### 1. La extraña relación azúcar-calor:

¿Qué sucede si ponemos al fuego azúcar? La mayoría de nosotros hemos tomado "caramelos caseros" hechos con sacarosa, que permitían a nuestras madres terminar esos ricos flanes, etc. sin interrupciones. Para ello ponían en una cuchara una pequeña cantidad del glúcido y se calentaba al fuego. Poco a poco el sólido blanco va tomando color marrón. Ha tenido lugar un proceso de caramelización que no es más que una deshidratación que origina diferentes polimerizaciones proporcionando compuestos de color oscuro.

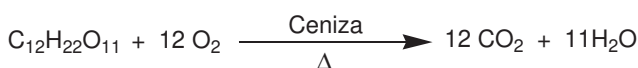


Figura 1: Obtención de caramelo

Esto mismo sucede al calentar al baño maría leche condensada, obteniéndose tras la caramelización toffe.

Pero, ¿qué sucede si sobre un pequeño montoncito de azúcar se añade un poco de ceniza?

Se observa que al aproximar una llama la sacarosa comienza a arder en lugar de caramelizar. Esto se debe a que la ceniza actúa como catalizador disminuyendo la energía de activación del proceso de combustión.



Esquema 2: Proceso de combustión de la sacarosa.

Como se puede comprobar es suficiente con añadir una pequeña cantidad de ceniza, ya que el catalizador no se consume en una reacción química.



Figura 2 : Fotografía del proceso de combustión del azúcar.

### 2. La carbonización del azúcar:

Si sobre azúcar se añade ácido sulfúrico concentrado se produce la deshidratación completa del glúcido; lo que hace que éste se transforme en carbón. Dicho ácido es un deshidratante muy potente.

El proceso es francamente llamativo; ya que el azúcar de color blanco va desapareciendo a la vez que surge un sólido deforme y poroso de color negro que no es otra cosa que carbón. Sin embargo, a pesar de lo espectacular que sea, se aconseja plantearlo como experiencia de cátedra en niveles bajos dada la peligrosidad del ácido.

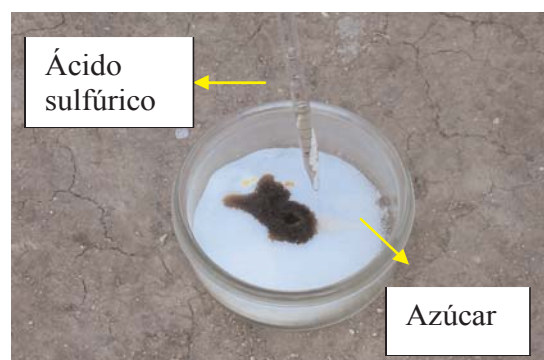


Figura 3: Inicio reacción de carbonización.

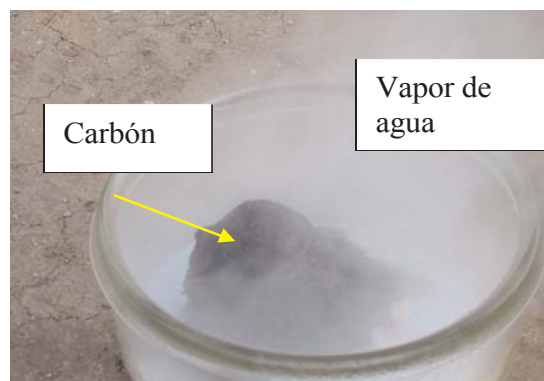


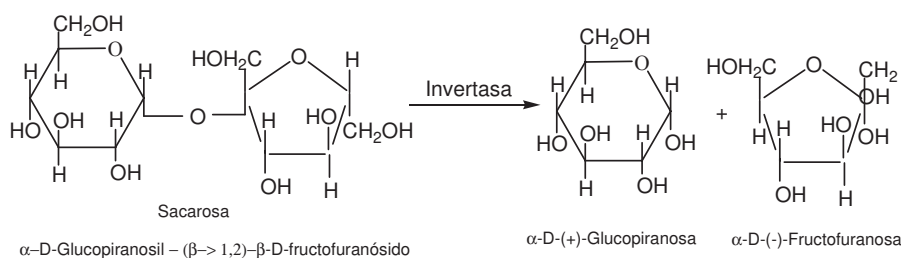
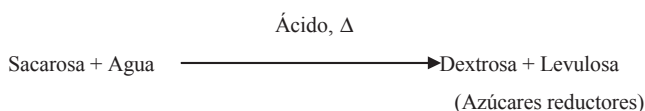
Figura 4: Reacción de carbonización.

Lo mismo ocurre con la celulosa; lo que se comprueba poniendo una gota del ácido sulfúrico concentrado sobre una cuartilla. La carbonización se produce en el punto de contacto.

También se puede realizar la carbonización de la sacarosa empleando calor (deshidratación térmica). De este modo se obtiene carbón activo finamente dividido.

### 3. Inversión de la sacarosa:

Se denomina así al proceso de descomposición del disacárido los monosacáridos que lo forman, bien por hidrólisis química o enzimática. Esta última corre a cargo de una enzima llamada invertasa. Dicha enzima está presente en la saliva de los insectos, siendo esta la razón por la cual la miel posee un bajo contenido en dicho disacárido en (menor del 5%).



Esquema 5: Proceso de inversión de la sacarosa en medio ácido.

El nombre de inversión proviene del hecho de que la sacarosa es una sustancia dextrógira, ya que desvía  $60^\circ$  a la derecha el plano de polarización de la luz polarizada; mientras que la mezcla equimolecular glucosa-fructosa es levógira. La D-glucosa (dextrosa) presenta una actividad óptica de  $52,5^\circ$  y la D-fructosa (levulosa) de  $-92,5^\circ$ ; lo que significa que la mezcla desvía  $20^\circ$  a la izquierda.

Por otro lado, este hecho hace que a la mezcla obtenida se le conozca con el nombre de "azúcar invertido".

Como se deduce de todo lo dicho anteriormente, si a una disolución de sacarosa se le añade un ácido, como por ejemplo: el clorhídrico o el nítrico (que son los de mayor poder de inversión) o incluso el cítrico, etc. y se calienta se produce la inversión de la misma. El curso de esta reacción se puede seguir empleando un polarímetro para medir el ángulo de rotación óptica. Así, la sacarimetría es una medida cuantitativa de la concentración de una disolución de azúcares empleando un polarímetro. En 1850 Wilhelmy realizó así el primer estudio de la rapidez de una reacción.

Si se trabaja con alumnos de niveles inferiores, todavía incapaces de entender el concepto de actividad óptica, se puede seguir el proceso a través de los sentidos. La sacarosa es menos dulce que el azúcar invertido, lo cual se puede demostrar probando la disolución. Esto nos permite enlazar con conceptos de otras áreas; como por ejemplo la localización de los sabores. Para ello se impregnan bastoncillos de algodón que se sitúan en diferentes puntos de la lengua. Así se comprueba que la zona que detecta el sabor dulce está situada en la punta de la misma.

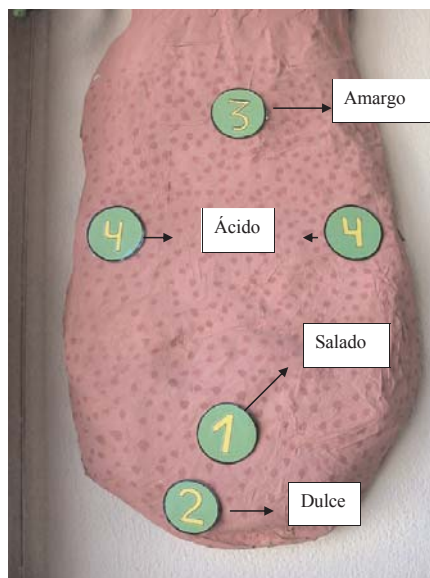


Figura 5: Localización de los diferentes sabores en la lengua.

Únicamente los cuatro sabores señalados en el dibujo están bien definidos. En otros como el sabor picante, etc. intervienen además de las papilas gustativas las terminaciones nerviosas que recogen diferentes sensaciones (térmicas, dolorosas,...)

También es posible detectar la inversión de la sacarosa empleando el tacto. Una disolución de azúcar

en agua se calienta para obtener almibar, que no es más que una disolución de azúcar invertido. Según la cantidad de agua, tiempo de cocción y temperatura la densidad varía. A cada grado de densidad se le denomina punto de azúcar y en la repostería se distinguen, según el tiempo de cocción, los siguientes puntos:

a) *Hebra fina*: es aquel punto en el cual al coger un poco de almibar con los dedos índice y pulgar, previamente mojados en agua fría, se forma un hilo de escasa resistencia.



Figura 6: Detección visual de que el proceso de inversión de la sacarosa ha comenzado.

b) *Hebra fuerte*: aquel punto en el que si se repite la misma operación que en el caso anterior el hilo ofrece más resistencia.

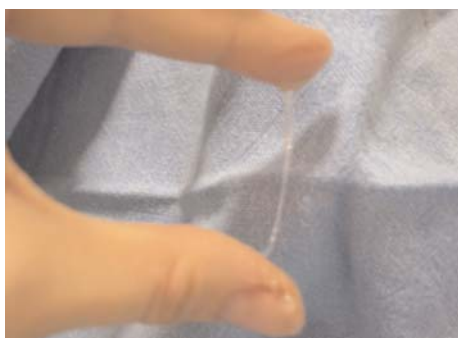


Figura 7: Detección visual proceso de inversión de la sacarosa.

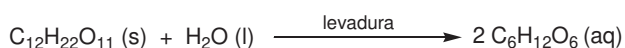
- c) *Perla*: aquel punto en el que se deja hervir el almíbar a borbotones. Si se toma una pequeña cantidad entre el pulgar e índice el hilo se estira sin romper.
- d) *Bola*: punto en el que el almíbar queda pegado a los dedos formando una bola blanda al hacerlo rodar.
- e) *Lámina o caramelo*: punto en el que al dejarlo caer sobre mármol provoca un ruido y una vez seco no queda pegado.

#### 4. Disolución de azúcar: ¿proceso endotérmico o exotérmico?

Se toma una pequeña cantidad de agua en la que se disuelve azúcar. Se observa que si el disacárido está en estado cristalino el proceso es endotérmico; mientras que en estado amorfo se libera energía, ya que ésta es una forma inestable. Según los principios básicos de la Termodinámica en cualquier proceso se tiende al estado de mínima energía y máximo desorden. La disolución del azúcar amorfo es un proceso exotérmico; ya que se transforma en el estado cristalino más estable termodinámicamente, lo que significa menor nivel energético. Si empleamos lactitol la disminución de temperatura es más acusada; de hasta dos grados centígrados. Así, la sensación de frescor que provocan algunos chicles al masticarlos se debe a que poseen polialcoholes que disminuyen la temperatura de la boca al disolverse en la saliva.

#### 5. Fermentación

Es un proceso químico anaerobio que transforma los carbohidratos en alcohol apto para el consumo humano. Para ello se emplea como catalizador la levadura (de cerveza o de panificación, etc) que posee la enzima piruvato descarboxilasa. Inicialmente la levadura con la presencia de oxígeno oxida el piruvato, proveniente de la glucólisis, a dióxido de carbono y agua. Una vez consumido todo el oxígeno del recipiente, se metaboliza el azúcar de forma anaerobia. Así, se obtiene bioetanol o, lo que es lo mismo, etanol de origen biológico y dióxido de carbono.



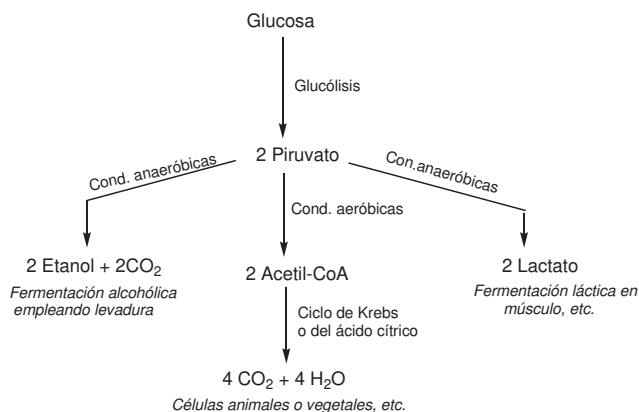
Esquema 6: Reacción de fermentación del azúcar.

El cese del desprendimiento de burbujas significa que la reacción ha concluido. Esto también se puede comprobar probando la disolución; ya que va desapareciendo el dulzor.



Figura 8: Obtención de bioetanol.

En los tejidos de los vertebrados no existe dicha enzima; razón por la cual se produce fermentación láctica en lugar de alcohólica.



Esquema 7: Diferentes metabolizaciones de la glucosa.

#### Referencias

- [1] Atlas de Química (1); Alianza Editorial.
- [2] D.L.Nelson y M.M.Cox; Ed. Omega; Lehninger. Principios de bioquímica.
- [3] Pine, S.H.; Hendrickson, J.B.; Cram, D.J. y Hammond, G.S.. Química Orgánica; Ed. Mc Graw Hill.
- [4] A.I. Bárcena Martín, A. Sánchez Soberón, A. Sequeira Jiménez y R. Román Herrero; Revista vivir educando; Octubre 2004, nº 17 "La leche: recurso didáctico interdisciplinar"; pp 17-20.
- [5] Duncan J.R. Manley; Ed. Acribia; Tecnología de la industria galletera. Galletas, crackers y otros horneados.
- [6] Stephen T. Beckett; Ed Acribia; La Ciencia del chocolate.
- [7] Gran enciclopedia de la cocina. Repostería. ABC.