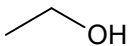

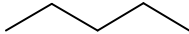
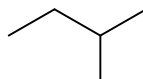


## Estereoisomería de los glúcidos

### ISOMERÍA

Los compuestos que tienen la misma fórmula molecular pero no estructuras idénticas se llaman **isómeros**. Los isómeros pueden dividirse en dos tipos principales: **isómeros constitucionales** y **estereoisómeros**. Los isómeros constitucionales (llamados también isómeros estructurales) difieren en la forma en que están unidos sus átomos. Son ejemplos de isómeros constitucionales los siguientes compuestos:

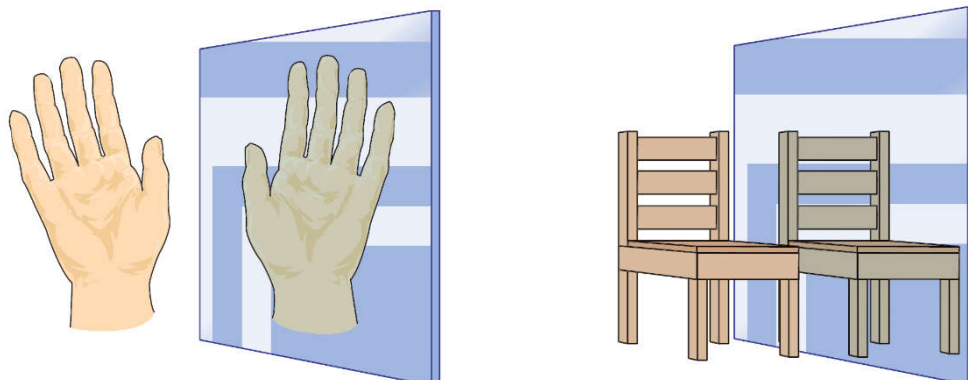
Fórmula global	Compuestos	
$C_2H_6O$	 Etanol	 Éter dimetílico
$C_5H_{12}$	 Pentano	 2-metilbutano

A diferencia de los isómeros constitucionales, en los estereoisómeros los átomos se unen de la misma manera. Los estereoisómeros (llamados también isómeros de configuración) difieren en la forma en que sus átomos se disponen en el espacio. Al igual que los isómeros constitucionales, los estereoisómeros se pueden separar porque son compuestos diferentes que no se interconvierten con facilidad. Hay dos tipos de estereoisómeros: **isómeros geométricos** (isómeros *cis-trans*) y **estereoisómeros con centros asimétricos**. Entre los glúcidos son muy comunes los estereoisómeros con centros asimétricos.

### QUIRALIDAD

Denominamos **quiral** a todo objeto que tiene una forma izquierda y una forma derecha. Dicha expresión proviene del griego *cheir*, que significa mano, ya que las manos son los objetos quirales característicos.

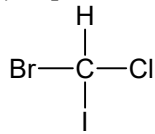
Un objeto quiral tiene una imagen especular no superponible. En otras palabras, su imagen en un espejo no es igual que una imagen del objeto mismo. Una mano es quiral porque cuando alguien se ve la mano derecha en un espejo, lo que se observa no es una mano derecha sino una mano izquierda. En contraste, una silla no es quiral: la reflexión de la silla en el espejo se ve igual que la silla misma. Los objetos que no son quirales son llamados aquirales. Un objeto aquiral sí tiene una imagen especular superponible.



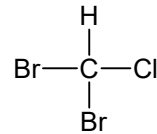
Los objetos no son los únicos que pueden ser quirales, también las moléculas pueden serlo. Por lo general, la causa de la quiralidad en una molécula es un centro asimétrico. Un **centro asimétrico** (o **centro quiral**) es un átomo tetraédrico unido a cuatro grupos distintos.

Toda molécula que contiene al menos un centro asimétrico se dice quiral. Una característica de las moléculas quirales es que sus imágenes especulares no son superponibles.

Consideremos por ejemplo las siguientes moléculas:

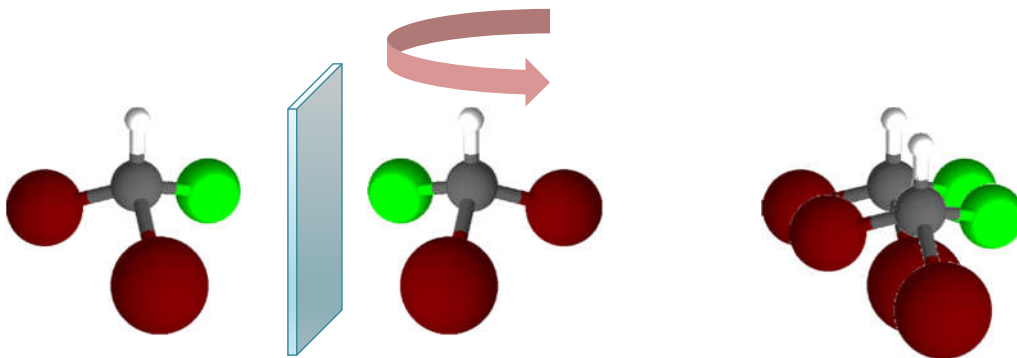


*Bromocloroiodometano*

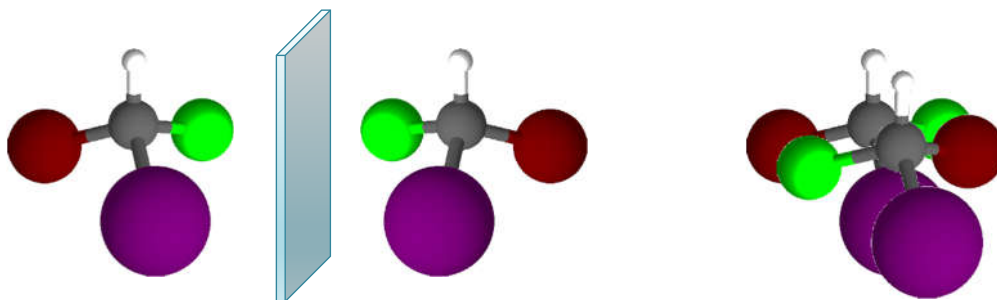


*Dibromoclorometano*

En el caso de la primera molécula es posible observar que el átomo de carbono es quiral, ya que está enlazado a cuatro sustituyentes diferentes, mientras que en la segunda molécula el átomo de carbono no es quiral, ya que está enlazado a dos átomos de bromo. Si consideramos la representación tridimensional de estas moléculas podremos observar lo siguiente:



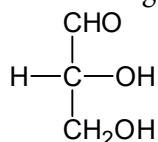
En la molécula de dibromoclorometano, que no es quiral, es posible observar que las imágenes especulares pueden superponerse una sobre la otra si una de ellas es girada dos tercios de una vuelta completa sobre el eje conformado por el enlace C – H.



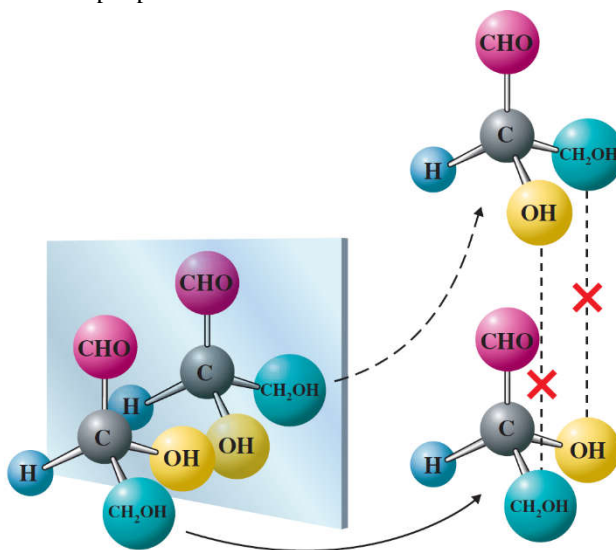
En la molécula de bromocloroiodometano, que es quiral, es posible observar que las imágenes especulares no pueden superponerse una sobre la otra, sin importar cómo se giren los modelos.

En este último caso, diremos que ambas formas de la molécula son **enantiómeros**, definiéndolos como estereoisómeros cuyas moléculas son imágenes especulares no superponibles entre sí. Los estereoisómeros cuyas moléculas no son imágenes especulares una de otra se denominan **diastereómeros**.

Entre los glúcidos, la molécula quiral más sencilla es la del gliceraldehído, una aldotriosa:



Si se observa la molécula se puede apreciar que el segundo carbono está unido a cuatro sustituyentes diferentes:  $-H$ ,  $-OH$ ,  $-CHO$  y  $-CH_2OH$ . Por esto, este carbono es un centro asimétrico de la molécula. Si consideramos el modelo tridimensional para la molécula del gliceraldehído podremos apreciar que sus imágenes especulares no pueden superponerse:



Lo interesante es que ambas formas del gliceraldehído tienen propiedades diferentes, por lo que constituyen sustancias diferentes, más allá de que la única diferencia entre sus moléculas es la disposición espacial de los átomos.

La importancia de este tipo de isómeros es en gran medida debida a su función bioquímica, ya que muchas veces cada una de las imágenes especulares de una molécula quiral provocan diferentes respuestas en el organismo: a veces sólo una forma es biológicamente activa, a veces ambas formas son biológicamente activas pero cada una da una respuesta diferente, a veces ambas provocan la misma respuesta pero una forma lo hace con mucha mayor intensidad, etc.

## PROYECCIONES DE FISCHER

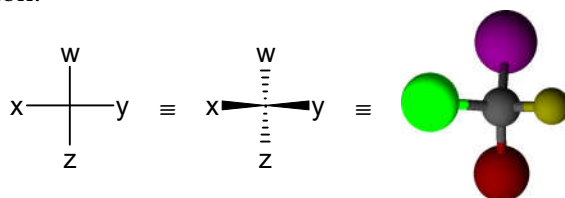
Una de las formas de diferenciar ambas formas de una molécula quiral es a partir de sus representaciones tridimensionales, pero este método es poco aplicable y puede llevar mucho tiempo, principalmente en moléculas grandes con muchos centros asimétricos.

Otra forma muy comúnmente utilizada en estos casos para evitar el uso de las representaciones tridimensionales es la **proyección de Fischer**, que es una notación estructural bidimensional para mostrar el arreglo espacial de los grupos unidos a los centros asimétricos de las moléculas.

En una proyección de Fischer, un centro asimétrico es representado como la intersección de una línea vertical y una horizontal. El átomo en el centro asimétrico, que en la mayoría de los casos es un carbono, no se muestra en forma explícita.

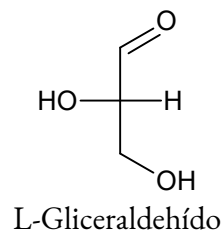
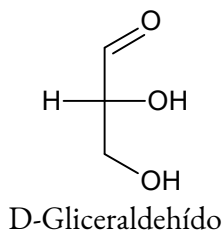
El orden en que se ubican los cuatro sustituyentes unidos al carbono quiral se rige por las siguientes reglas:

1. Las líneas verticales desde el centro asimétrico representan enlaces dirigidos hacia atrás del plano de representación.
2. Las líneas horizontales desde el centro asimétrico representan enlaces dirigidos hacia delante del plano de representación.



En las proyecciones de Fischer para los monosacáridos, la cadena de carbonos se posiciona verticalmente con el grupo carbonilo en el extremo superior (en caso de las aldosas) o lo más cerca posible del extremo superior (en el caso de las cetosas).

El gliceraldehído es el monosacárido más pequeño que presenta un centro asimétrico. Las proyecciones de Fischer para sus dos enantiómeros son:

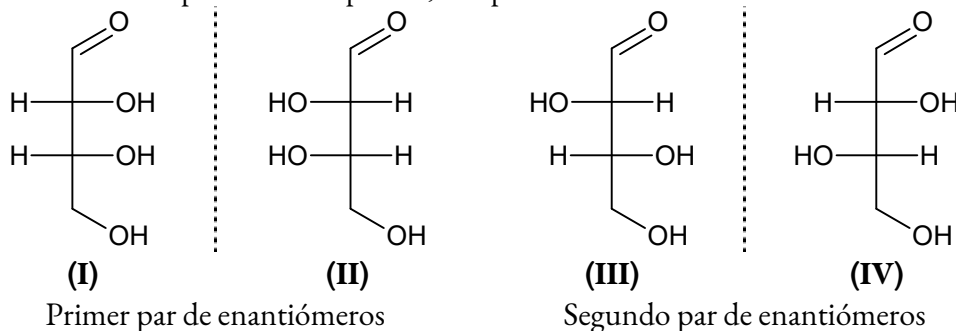


Para diferenciar un enantiómero del otro se usan las letras D y L. El enantiómero D es el que tiene el OH unido al carbono quiral ubicado hacia la derecha y el enantiómero L el que lo tiene ubicado hacia la izquierda.

Para estudiar la representación de los monosacáridos de mayor tamaño, consideremos el caso del 2,3,4-trihidroxibutanal, un monosacárido con cuatro carbonos y dos centros asimétricos:



Hay cuatro estereoisómeros para este compuesto, dos pares de enantiómeros:



Estas son las únicas cuatro configuraciones posibles para los centros asimétricos. Como regla general, el número de estereoisómeros depende del número de centros asimétricos de la molécula. Si un compuesto tiene  $n$  centros asimétricos puede existir en forma de  $2^n$  enantiómeros.

El sistema de letras D y L utilizado con el gliceraldehído para diferenciar los enantiómeros es extendido también a los monosacáridos con más cantidad de centros asimétricos, con la diferencia de que sólo se tiene en cuenta la posición del grupo OH del centro asimétrico más alejado del grupo carbonilo: si el OH se ubica hacia la derecha es D y si el OH se ubica hacia la izquierda es L. De esta manera, los monosacáridos (I) y (III) son los isómeros D y los monosacáridos (II) y (IV) son los isómeros L.

Para tener en cuenta la configuración de los otros centros asimétricos, se les asignan diferentes nombres a las moléculas. Los nombres utilizados son tradicionales, y no obedecen a ninguna regla preestablecida. En este caso, los compuestos (I) y (II) son la D-eritrosa y la L-eritrosa, y los compuestos (III) y (IV) son la D-treosa y la L-treosa. Es posible observar que la única diferencia en el nombre de cada par de enantiómeros es la letra D o L que se utiliza en cada caso.

Si se considera el caso de los compuestos (I) y (III) es posible observar que no son imágenes especulares uno del otro, por lo que se consideran diastereómeros. Sin embargo, es posible observar que la única diferencia que existe entre ellos es la configuración del centro asimétrico más cercano al grupo carbonilo, o sea el

carbono 2: el compuesto (I) tiene el grupo OH a la derecha y el compuesto (III) tiene el grupo OH a la izquierda. Los diastereómeros que difieren únicamente en la configuración de uno de sus centros asimétricos se denominan **epímeros**. En este caso, también son epímeros los compuestos (I) y (IV), los compuestos (II) y (III), y los compuestos (II) y (IV).

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Stoker, H. (2010). *General, organic, and biological chemistry*. Belmont: Cengage Learning.
- Timberlake, K. (2013). *Química general, orgánica y biológica: estructuras de la vida*. México: Pearson Educación.
- Yurkanis Bruice, P. (2008). *Química orgánica*. México: Pearson Educación.