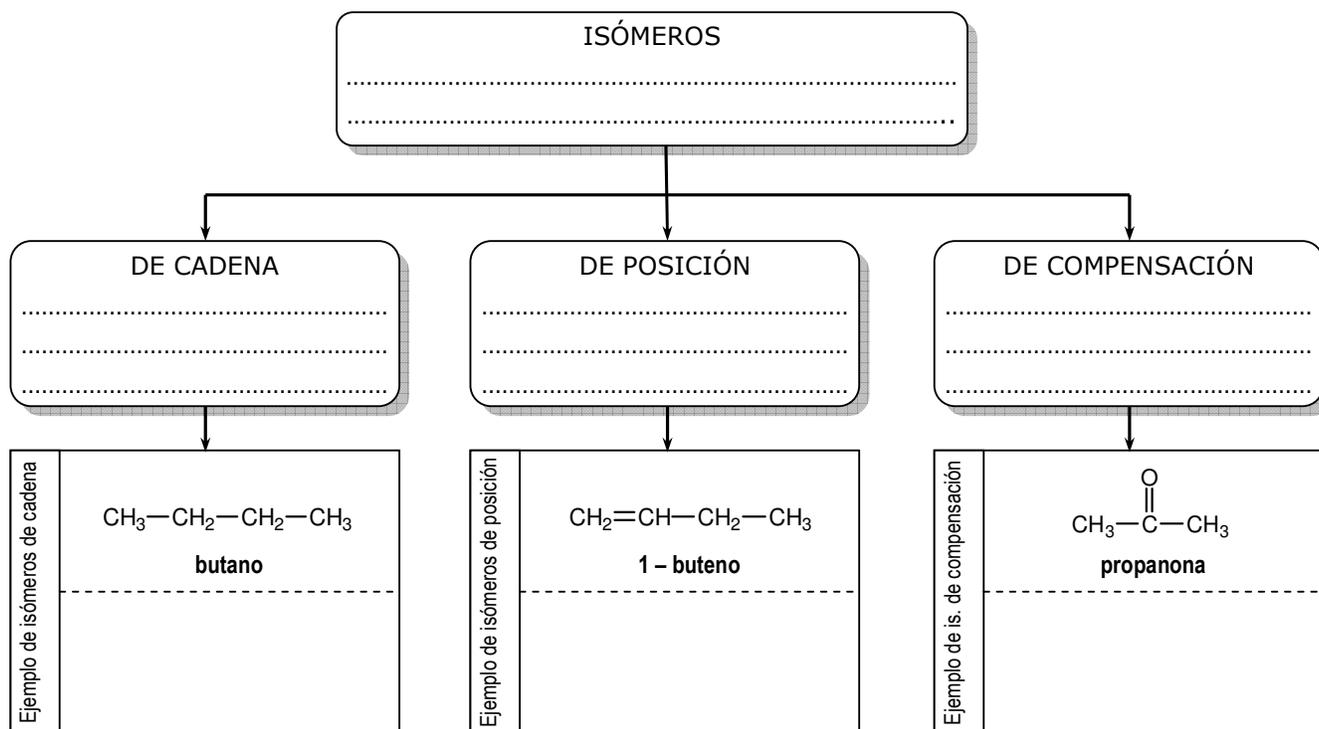




En cursos anteriores de química has estudiado determinados tipos de isómeros estructurales: de cadena, de posición y de compensación funcional. *Revisa tus materiales y completa:*



La **estereoquímica** es el estudio de la estructura tridimensional de las moléculas y el comportamiento químico que depende de este arreglo. Existe pues otro tipo de isomería: la **esteroisomería**. Los **esteroisómeros** son isómeros que sólo se diferencian en la orientación espacial de sus átomos, difieren entonces en el arreglo de sus átomos en el espacio. En tal sentido, estudiaremos la **isomería geométrica** y la **isomería óptica**.

### ISOMERÍA GEOMÉTRICA.-

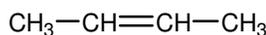
Toma lo que necesites de la caja de modelos moleculares, escribe la fórmula y el nombre del alcano de dos átomos de carbono que formaste, y verifica con el modelo si la siguiente afirmación es correcta: **“Los átomos y grupos de átomos giran libremente en torno a enlaces simples”**.

*A las estructuras que difieren sólo por rotaciones con respecto a un enlace sencillo se les llama **conformaciones**.*

Intenta hacer lo mismo con un alqueno de dos átomos de carbono y escribe tu conclusión: \_\_\_\_\_



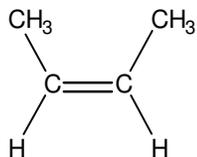
### Actividad 1.-



La imagen adjunta representa la fórmula semidesarrollada de un alqueno de fórmula global ( $\text{C}_4\text{H}_8$ )

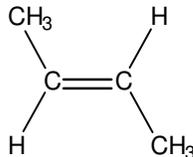
- Nómbralo.
- Formula y nombra un isómero de posición.
- ¿Cómo puedes explicar que para esa fórmula semidesarrollada se puede encontrar en bibliografía dos puntos de fusión diferentes ( $-139^\circ\text{C}$  y  $-106^\circ\text{C}$ )?
- Ayúdate con los modelos moleculares para decidir si existe más de un compuesto que presente dicha fórmula semidesarrollada.

Según se vio anteriormente, los átomos o grupos de átomos no giran libremente a ambos lados de un enlace doble. Esta rigidez de los dobles enlaces puede dar lugar a compuestos diferentes (con geometrías diferentes) que no tienen las mismas propiedades físicas. Obsérvese el ejemplo del 2 – buteno:



### cis – 2 – buteno

El *isómero cis* es el que tiene los dos grupos idénticos del mismo lado (“arriba o abajo”) del doble enlace.



### trans – 2 – buteno

El *isómero trans* es el que tiene los dos grupos idénticos en lados opuestos del doble enlace.

Los puntos de fusión, los puntos de ebullición y otras propiedades físicas de estos isómeros son diferentes, pues se trata de sustancias diferentes.



### ¡¡¡ EJERCICIOS!!!

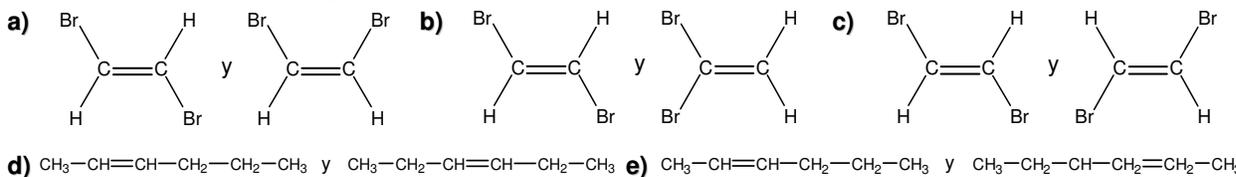
1.- Dibuja las estructuras y escribe los nombres de tres compuestos de fórmula global  $C_2H_2Cl_2$ . Indica la relación que existe entre dichos compuestos.

2.- Formula el 2 – metil – 2 – buteno e indica si existen isómeros geométricos de dicha sustancia. ¿Qué requisitos debe tener la estructura molecular de una sustancia que presenta isómeros geométricos?

3.- ¿Cuál de los siguientes compuestos presenta isomería geométrica? Formula y nombra los isómeros cuando corresponda:

a)  $F_2C=CH_2$    b)  $FHC=CHF$    c)  $CH_3-CCl=CCl-CH_3$    d)  $CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH_3$

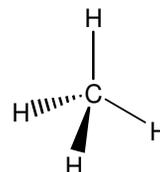
4.- Indica la relación entre los siguientes pares de estructuras. Nombra cada una de ellas:



## ISOMERÍA ÓPTICA.-

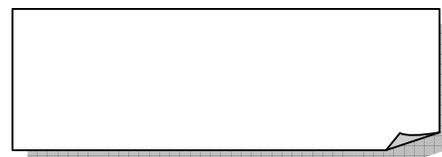
La mayor parte de las moléculas orgánicas son tridimensionales, pero es difícil el empleo de la perspectiva cuando la molécula es grande y complicada. Los químicos han desarrollado una notación taquigráfica para simplificar las representaciones tridimensionales:

- ✓ Se usan líneas simples para indicar enlaces “en el plano de la hoja”.
- ✓ Se usan líneas punteadas para indicar enlaces que van “hacia atrás”, alejándose del lector.
- ✓ Se usan cuñas para describir enlaces que “salen hacia delante”, hacia el lector.



Construye un modelo molecular para el metano ( $CH_4$ ) y verifica si la estructura representada en la hoja es coherente con lo descrito anteriormente.

Construye el modelo molecular para el etano ( $C_2H_6$ ) y representa dicho modelo en el papel.



### Actividad 2.-

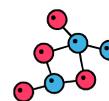
1.- Dado el compuesto orgánico  $CH_3Cl$

- Construye un modelo molecular y representa dicho modelo en el papel.
- Construye un modelo molecular para su imagen especular y representa dicho modelo en el papel.
- Gira los modelos de modo tal que se puedan superponer. Anota lo que observas.

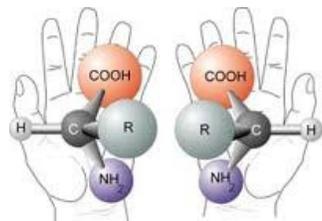
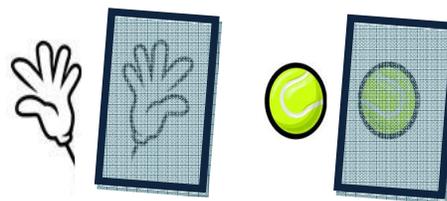
2.- Dado un compuesto con un átomo de carbono enlazado a cuatro sustituyentes diferentes.

- Construye un modelo molecular y representa dicho modelo en el papel.
- Construye un modelo molecular para su imagen especular y representa dicho modelo en el papel.
- Gira los modelos de modo tal que se puedan superponer. Anota lo que observas.

3.- Compara los resultados obtenidos en las dos actividades anteriores.



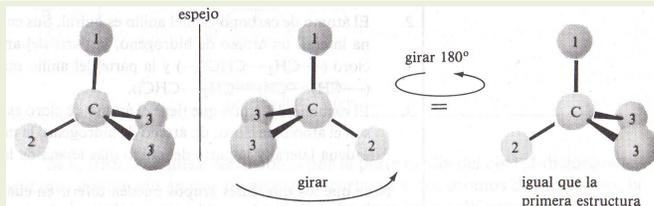
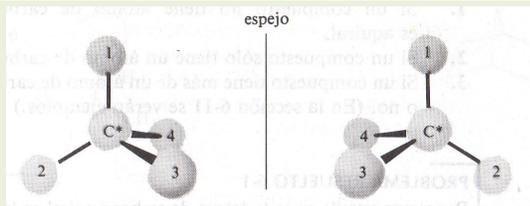
Si bien la mano derecha parece muy similar a la izquierda, no son exactamente iguales; de hecho, el guante de una no entra en la otra. Como se observa en la figura, una mano es la imagen especular de la otra. Del mismo modo también se representa una pelota y su imagen especular. Sin embargo, existe una diferencia entre ambas situaciones: en uno de los casos, haciendo un giro adecuado, el objeto considerado y su imagen especular son superponibles entre sí, mientras que en el otro caso no. ¿A qué situación corresponde cada caso?



A los objetos que tienen una imagen especular diferente que no se puede superponer, se les denomina **quirales**. Todo objeto tiene una imagen especular, pero un objeto quiral tiene una imagen especular diferente al objeto original.

Las moléculas, al igual que los objetos pueden ser quirales o aquirales. Una condición necesaria, pero no suficiente, para que una molécula sea quiral es poseer un átomo de carbono que esté enlazado a cuatro grupos diferentes (**carbono estereogénico**). Si una molécula es quiral, entonces existe otra molécula que es imagen especular de ella y que no es superponible; es decir, tiene un **enantiómero**.

### Describe lo que observas en las siguientes imágenes.-




---

---

---

---

---

---



---

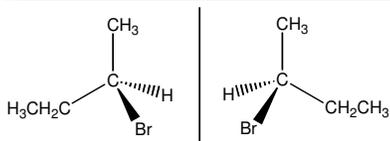
---

---

---

---

---



Por ejemplo, el segundo átomo de carbono del 2 – bromobutano está enlazado a un átomo de hidrógeno, uno de bromo, un grupo metilo y un grupo etilo. Un dibujo tridimensional muestra que esta molécula no se puede superponer con su imagen especular.

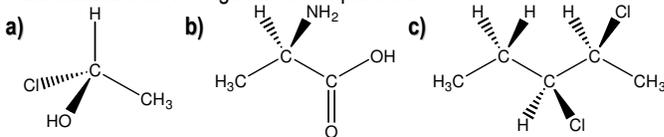


### EJERCICIOS!!!

1.- Para cada uno de los siguientes compuestos:

- a) 1 – bromobutano
  - b) 2 – pentanol
  - c) 3 – pentanol
  - d) 2 – clorobutano
- Dibuja una estructura tridimensional.
  - Identifica con un asterisco cada átomo de carbono estereogénico.
  - Representa su imagen especular y decide si son enantiómeros entre sí.

2.- Para cada uno de los siguientes compuestos:

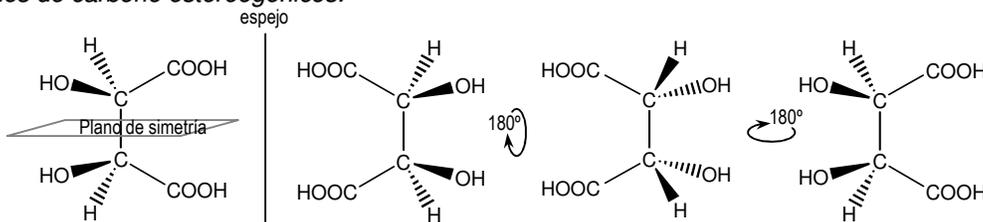


- Identifica con un asterisco cada átomo de carbono estereogénico.
- Representa su imagen especular y decide si son enantiómeros entre sí.

Algunas generalizaciones a tener en cuenta:

- Si un compuesto no tiene átomo de carbono estereogénico, generalmente es aquiral.
- Si un compuesto tiene sólo un átomo de carbono estereogénico, es quiral.
- Si un compuesto tiene más de un átomo de carbono estereogénico, puede ser quiral o no. Según se puede ver en el ejemplo de la figura adjunta: *“cualquier molécula que tiene un plano de simetría interna no puede ser quiral, aún cuando pueda contener átomos de carbono estereogénicos.”*

Al realizar giros adecuados de la imagen especular, ésta se puede superponer con la molécula original, por lo tanto la molécula no es quiral, aunque tenga carbonos estereogénicos.



Si como consecuencia de la presencia de un carbono quiral, se da lugar a un par de enantiómeros, que son compuestos diferentes; es razonable que exista una nomenclatura que permita distinguir entre ambas configuraciones de un átomo de carbono estereogénico.

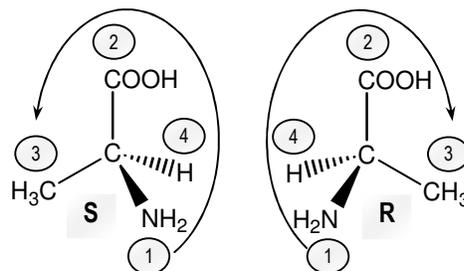
El sistema más aceptado es la convención de **Cahn – Ingold – Prelog (CIP)**, quienes propusieron una *regla de secuencia* que asigna una prioridad a cada sustituyente en torno del centro estereogénico, y designa la configuración con los prefijos **R** (del latín *rectus* = derecha) y **S** (del latín *sinister* = izquierda). Los puntos principales de esta regla son los siguientes:

- 1.- Los átomos unidos al centro estereogénico se ordenan por número atómico decreciente. Por ejemplo:  
 $I > Br > Cl > S > F > O > N > C > H$
  - 2.- Si es un grupo (y no un átomo) el que está ligado, para determinar la prioridad sólo se tiene en cuenta el número atómico del elemento que está unido directamente al mismo.
  - 3.- En caso de "empate", se consideran los átomos siguientes a lo largo de las cadenas como elementos de decisión. Por ejemplo:  
 $C - I > C - Br > C - Cl > C - F > C - O > C - N > C(CH_3)_3 > CH(CH_3)_2 > CH_2CH_3$
- NOTA.-** Si bien existen otras consideraciones, escapan a los intereses del presente curso.
- 4.- Con un dibujo tridimensional de un modelo, se coloca hacia atrás el grupo de cuarta prioridad. Luego se dibuja una flecha desde el grupo de primera prioridad hacia el de segunda, y de éste hacia el de tercera. Si la flecha está en **sentido horario**, el átomo de carbono estereogénico se denomina **R**. Por el contrario, si la flecha está en **sentido antihorario**, se denomina **S**.

Como ejemplo, usemos los enantiómeros de la alanina. De los grupos enlazados al átomo de carbono quiral el orden de prioridad es:

- ✓ Primero el nitrógeno que es el de mayor número atómico.
- ✓ Luego el carbono del -COOH, porque está enlazado con átomos de oxígeno.
- ✓ Después el carbono del metilo (-CH<sub>3</sub>)
- ✓ Finalmente el hidrógeno.

Observando el sentido de giro de la flecha dibujado se decide la configuración, dando lugar a la R – alanina o a la S – alanina.



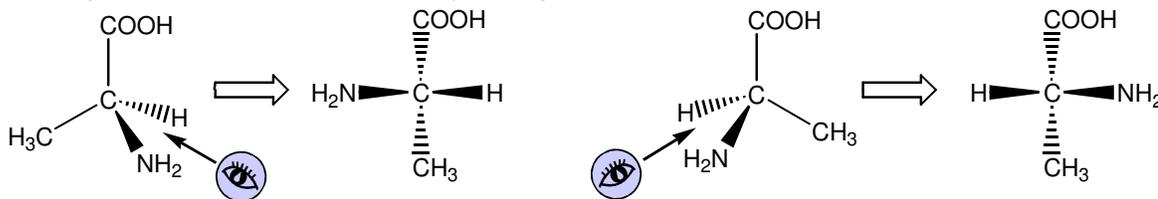
**EJERCICIOS!!!**

- 1.- Para cada uno de los compuestos que correspondan de la serie anterior de ejercicios, identifica los enantiómeros como R o S.
- 2.- Para cada uno de los siguientes compuestos: 1,3 – dibromobutano, 2 – butanol y 1 – bromo – 1 – propanol.
  - Dibuja la estructura tridimensional para cada par de enantiómeros.
  - Determina en cada caso la configuración R o S.

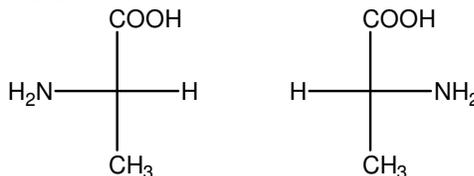
Hasta ahora hemos realizado representaciones tridimensionales, las cuales pueden tornarse complicadas de dibujar en moléculas con más de un átomo de carbono estereogénico. A principios del S. XX, Emil Fischer estudiaba la estereoquímica de los azúcares, los cuales pueden tener hasta siete átomos de carbono estereogénicos, por lo cual desarrolló una representación de trazado más sencillo (**proyecciones de Fischer**). Es una forma de representar una molécula tridimensional, en una superficie bidimensional.

Continuemos usando como ejemplo a los enantiómeros de la alanina. Para transformar la representación tridimensional de una molécula con un estereocentro en una proyección de Fischer se siguen los siguientes pasos:

- Se orienta la estructura de manera que el carbono del estereocentro quede contenido en el plano del papel, dos de los sustituyentes se dirijan hacia el observador y los otros dos sustituyentes (que forman parte de la cadena carbonada) se alejen del observador.



- Con la orientación correcta se proyectan los dos enlaces que se acercan al observador en la horizontal y los dos enlaces que se alejan del observador en la vertical, quedando en el centro de la cruz el carbono estereogénico, el cual generalmente no se indica.
- Si se siguen las reglas CIP para designar la configuración R o S, en este caso, dado que el grupo de cuarta prioridad queda hacia delante en la proyección de Fischer; lo que se prediga será al revés: si en la proyección es R, entonces será S y viceversa.

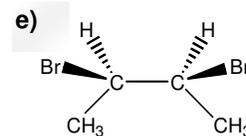
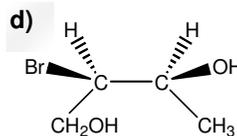
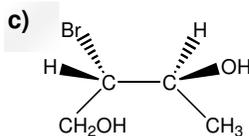
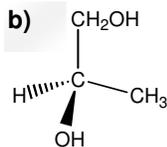
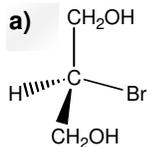




EJERCICIO!!!

Para cada uno de los siguientes compuestos:

- Dibuja su proyección de Fischer.
- Dibuja la proyección de Fischer y una estructura tridimensional de su imagen especular.
- Determina la configuración (R o S) de todos los átomos de carbono estereogénicos.
- Señalar si corresponde planos de simetría interna.
- Decidir si las imágenes especulares son enantiómeros entre sí.



- Indaga y define los términos:

**DIASTERÓMEROS:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**FORMA MESO:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- Explica si esos términos son aplicables a alguno de los ejemplos de este ejercicio. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_