

Un trabajo de
Alberto Lahore



ISOMERÍA ÓPTICA



Primera parte

Art of Fugue
Contrapunctus XII

Rectus:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Inversus:	1	3	3	4	2	6	3	8	8	10	11

Johann Sebastian Bach usó ampliamente la técnica de la inversión melódica, como en el caso de sus “fugas espejo” (contrapuntos XII y XIII), de *El Arte de la Fuga*.

Cada fuga espejo consiste en un par de melodías (*Rectus* e *Inversus*) tales que, cuando una de ellas asciende, la otra desciende, y a la inversa.

La inversión melódica se cumple para todas las voces; por ejemplo, cuando en el *Rectus* canta la soprano, la melodía “reflejada” en el *Inversus* la canta el bajo...

Esta técnica le permitió a Bach lograr magistrales efectos de contrapunto.

54

Art of Fugue

Contrapunctus XII

Rectus:

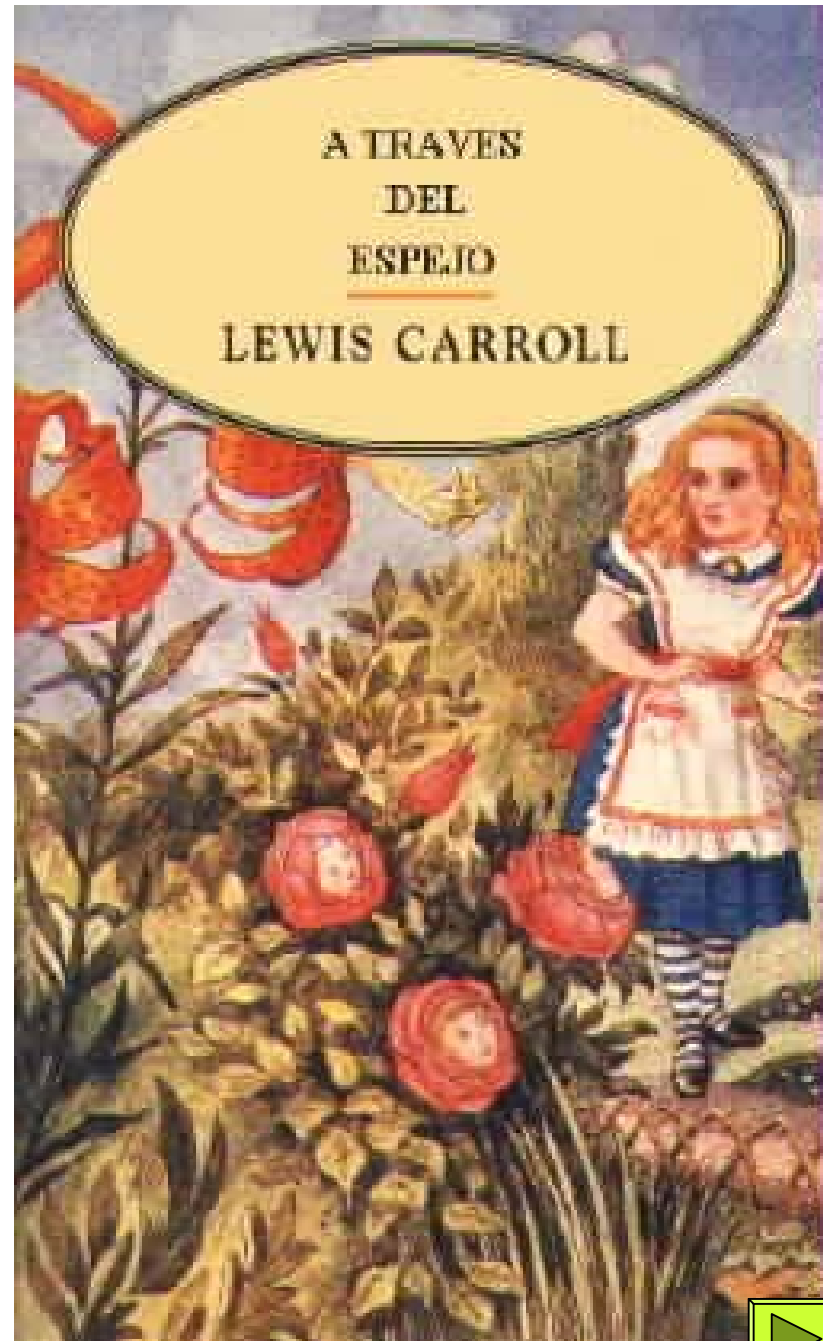
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----

Inversus:

I	3	3	4	2	6	3	8	9	10	11
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----

54

En el cuento de Lewis Carroll
“*Through the looking-glass,
and what Alice found there*”,
que el autor escribió luego de
“*Alice in Wonderland*”,
la fantasía del escritor
nos conduce a un mundo
“reflejado en el espejo”...



En el primer capítulo, titulado “La casa del espejo”, después de atravesar el espejo, Alicia encontró un libro sobre la mesa. Comenzó a hojearlo, a ver si encontraba algún párrafo que pudiera leer...

-Pues parece estar escrito en un idioma que no conozco... - se dijo a sí misma. Y en efecto, decía así:

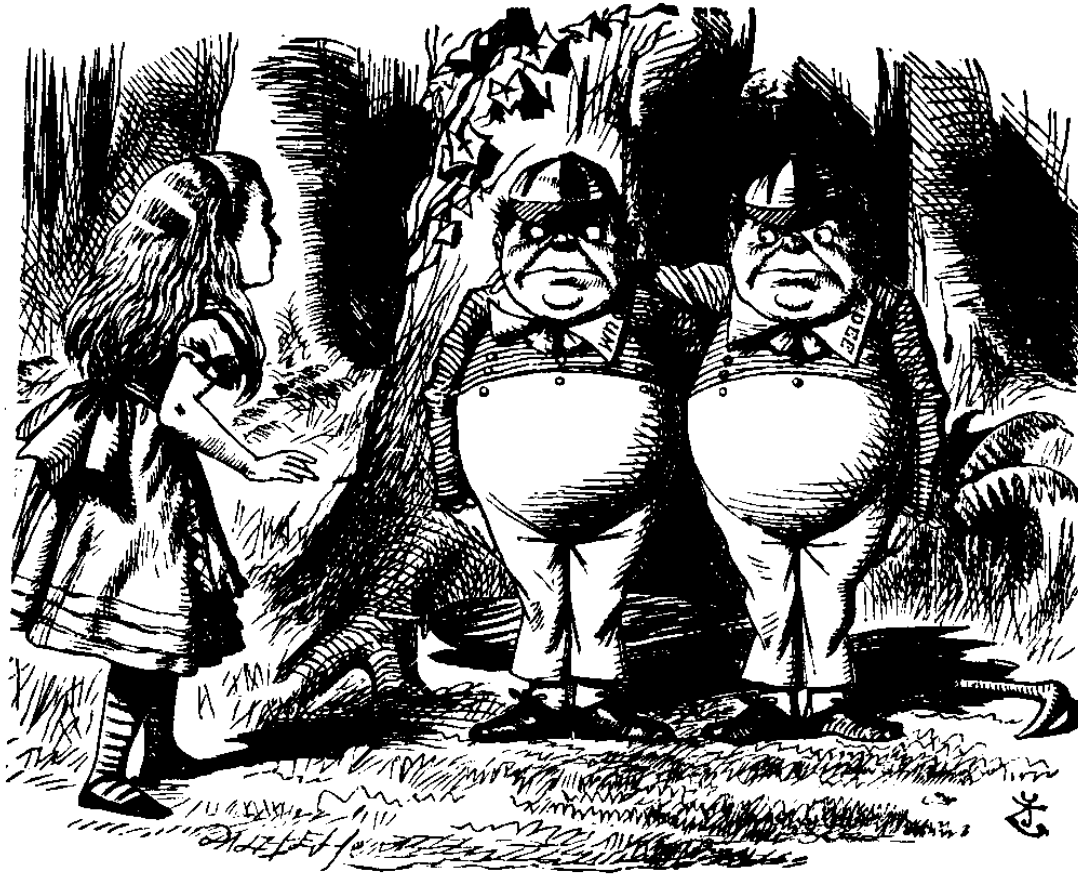
JABBERWOCKY.
And the mome raths outgrabe.
All mimsy were the borogoves,
Did gyre and gimble in the wabe;
'Twas brillig, and the slithy toves
Did gyre and gimble in the wabe;

(...) ¡Claro! ¡Es un libro en el espejo! -dijo Alicia.

Por lo tanto, si lo coloco delante del espejo, las palabras se pondrán al derecho... Y este fue el poema que Alicia leyó entonces:

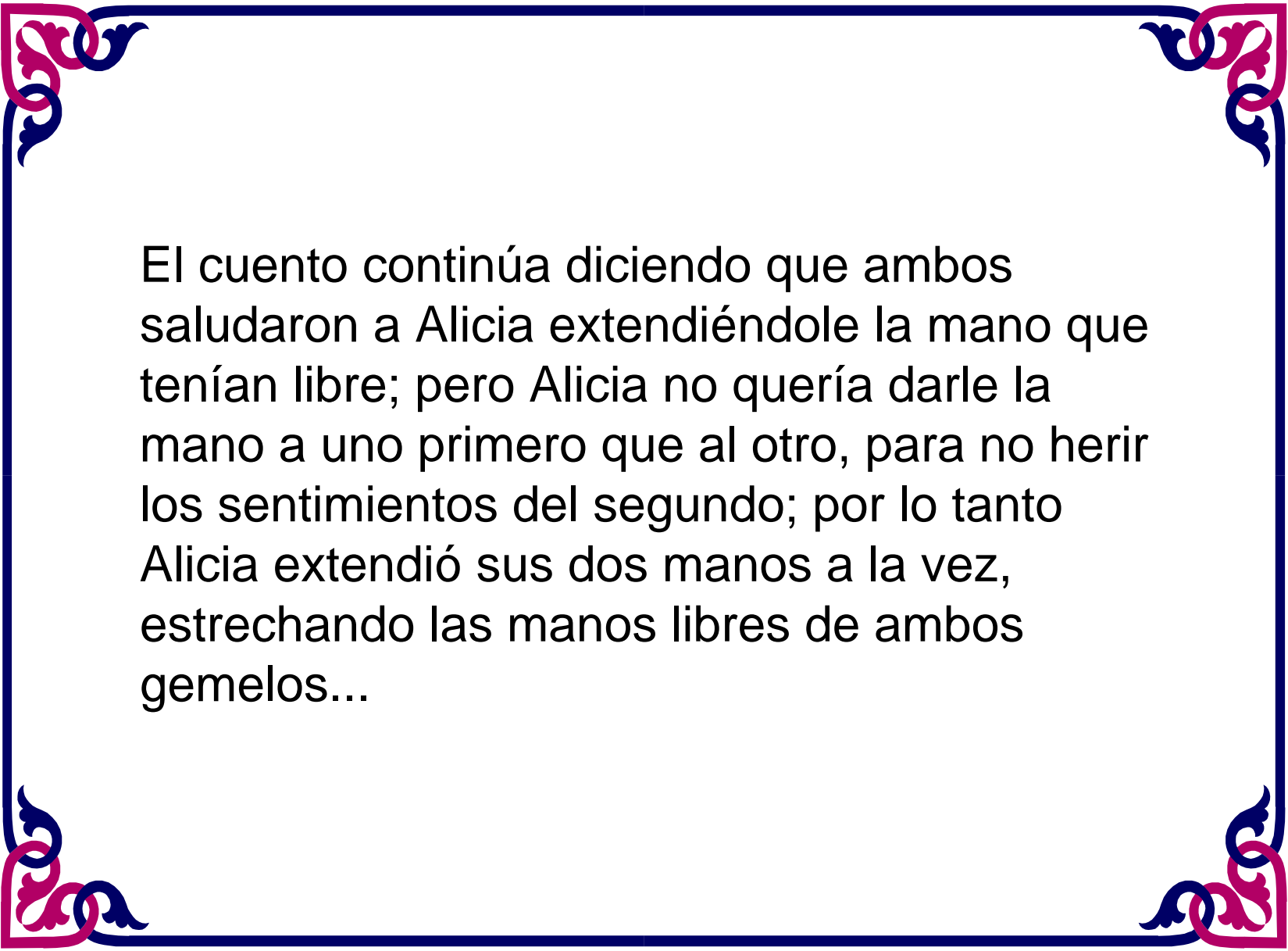
(continúa).....



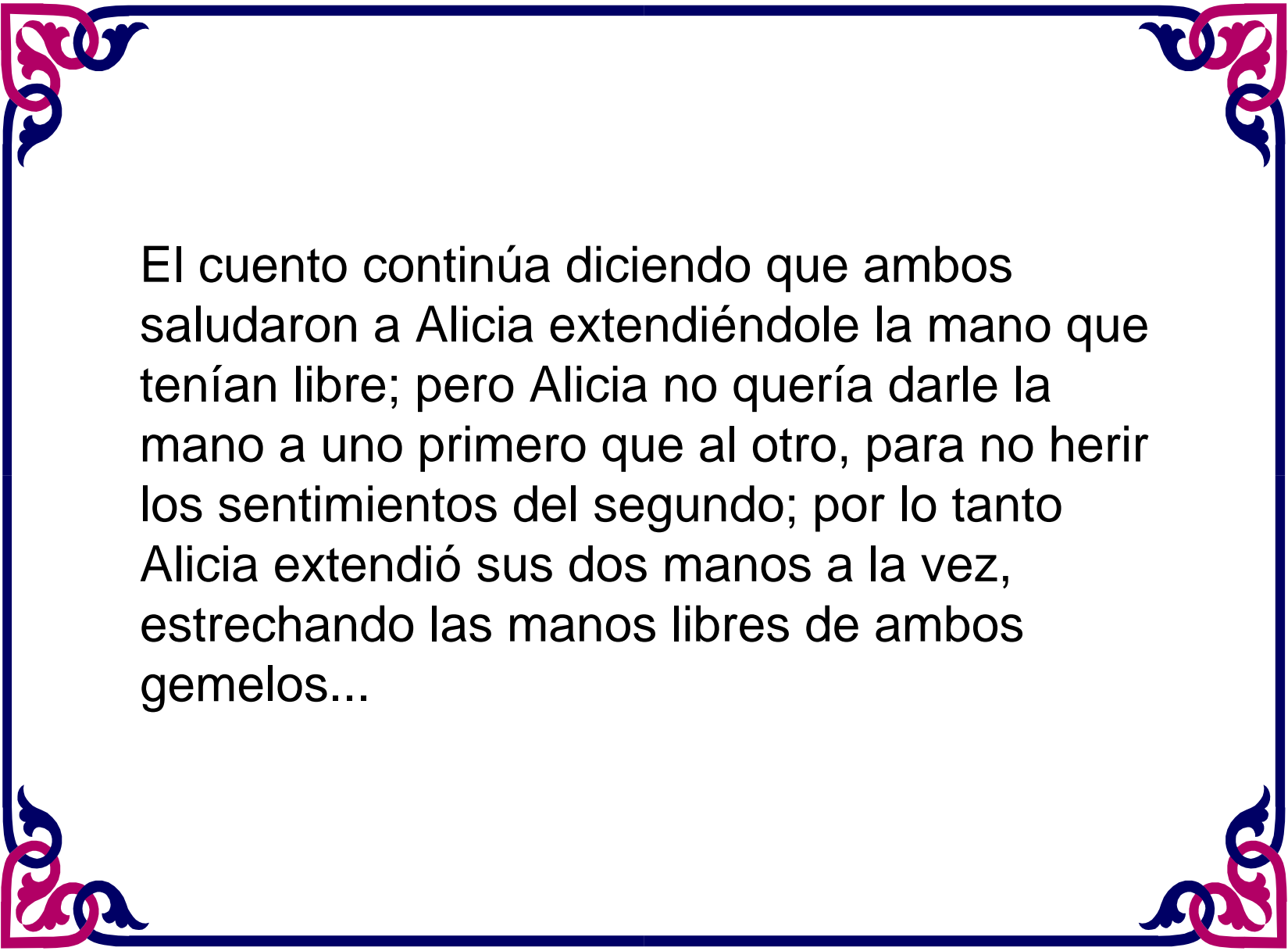


En otro capítulo del cuento, Alicia conoce a los gemelos Tweedledum y Tweedledee, encontrándolos en la posición que muestra este dibujo realizado por Sir John Tenniel, quien ilustró los cuentos de *Alicia*. Cada uno de los gemelos tiene un brazo por encima del hombro del hermano, y el otro brazo a un lado. Excepto por algún detalle, los gemelos quedaron dibujados como “enantiómeros” (diapositiva n° 21).





El cuento continúa diciendo que ambos saludaron a Alicia extendiéndole la mano que tenían libre; pero Alicia no quería darle la mano a uno primero que al otro, para no herir los sentimientos del segundo; por lo tanto Alicia extendió sus dos manos a la vez, estrechando las manos libres de ambos gemelos...



El cuento continúa diciendo que ambos saludaron a Alicia extendiéndole la mano que tenían libre; pero Alicia no quería darle la mano a uno primero que al otro, para no herir los sentimientos del segundo; por lo tanto Alicia extendió sus dos manos a la vez, estrechando las manos libres de ambos gemelos...

Algunas letras
mayúsculas
de imprenta
son iguales a
su imagen
reflejada
en el espejo.
Son *simétricas*
“izquierda-derecha”.

espejo

A	A
H	H
I	I
M	M
O	O



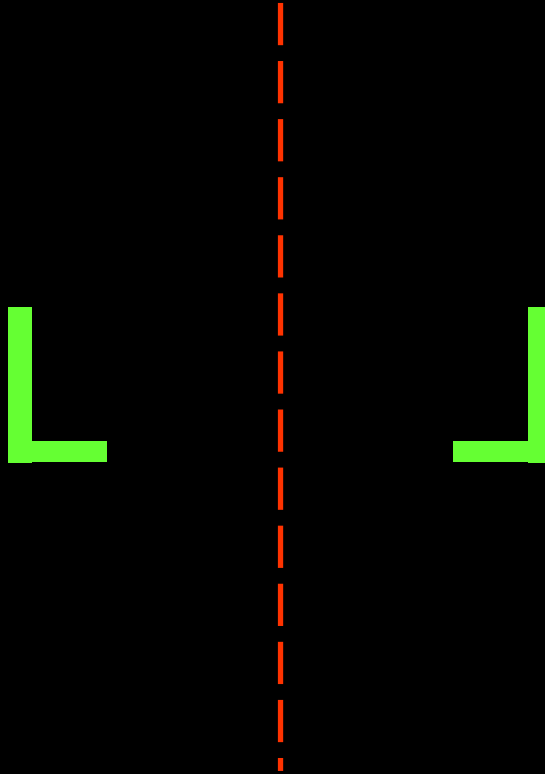
Pregunta:

¿Cuáles de estas letras
son simétricas
izquierda-derecha?

*Señalarlas utilizando el puntero del
ratón como marcador de color.*

T
L
P
V
R
U

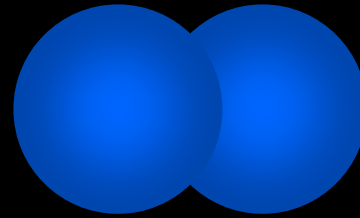
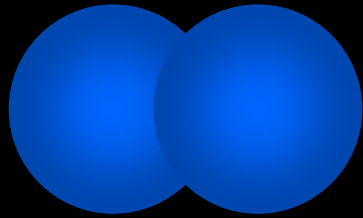




La letra L, por ejemplo,
es diferente a su imagen en el espejo.

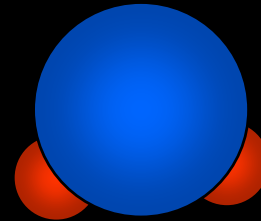
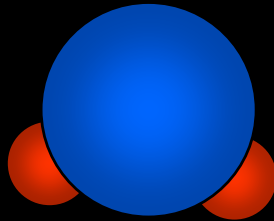
L, P, R, son letras “*asimétricas*”
izquierda-derecha.





Las moléculas de oxígeno (O_2)
son iguales a su imagen en el espejo.
Son simétricas izquierda-derecha...

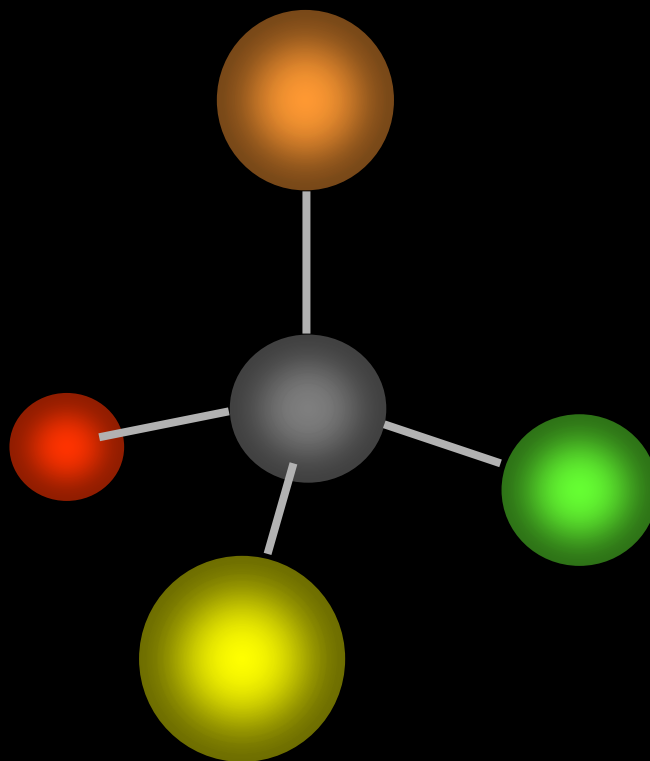




También las moléculas de agua son
simétricas izquierda-derecha...



Existen
moléculas, en
cambio, que
son
asimétricas
como las letras
L, P, R...

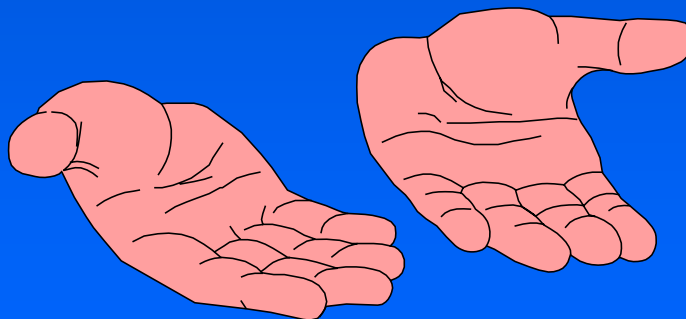


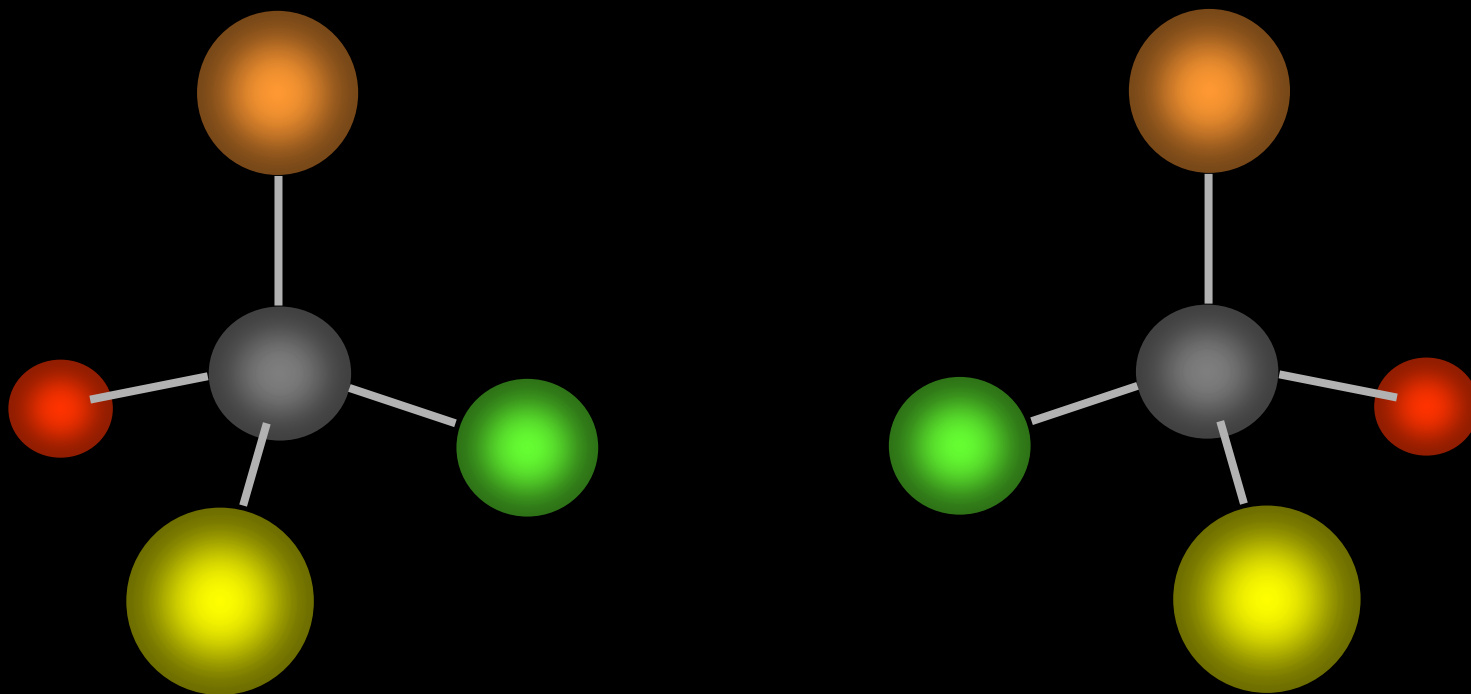
La condición
suficiente -pero
no necesaria-
para que
la molécula sea
asimétrica, es
que tenga
*un átomo de
carbono unido a
cuatro átomos
(o grupos de
átomos)
diferentes.*



Un átomo de carbono unido a
cuatro átomos (o grupos) diferentes
se denomina carbono **quiral**

(del griego “mano”),
porque origina la existencia de moléculas con
configuración opuesta,
que son entre sí como la mano derecha y la izquierda,
(o como un objeto y su imagen en el espejo).

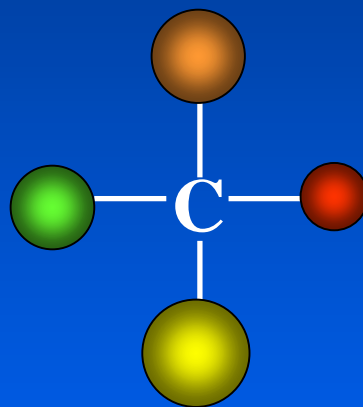
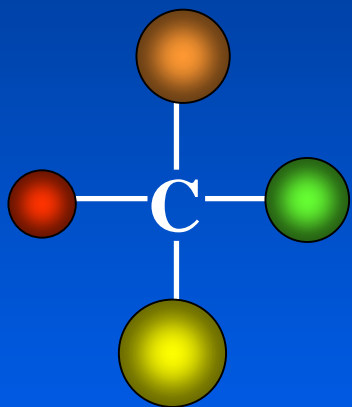




Las moléculas que presentan
configuración opuesta
son entre sí ***enantiómeras***.
(del griego, *enantio*: opuesto, y *meros*: partes).

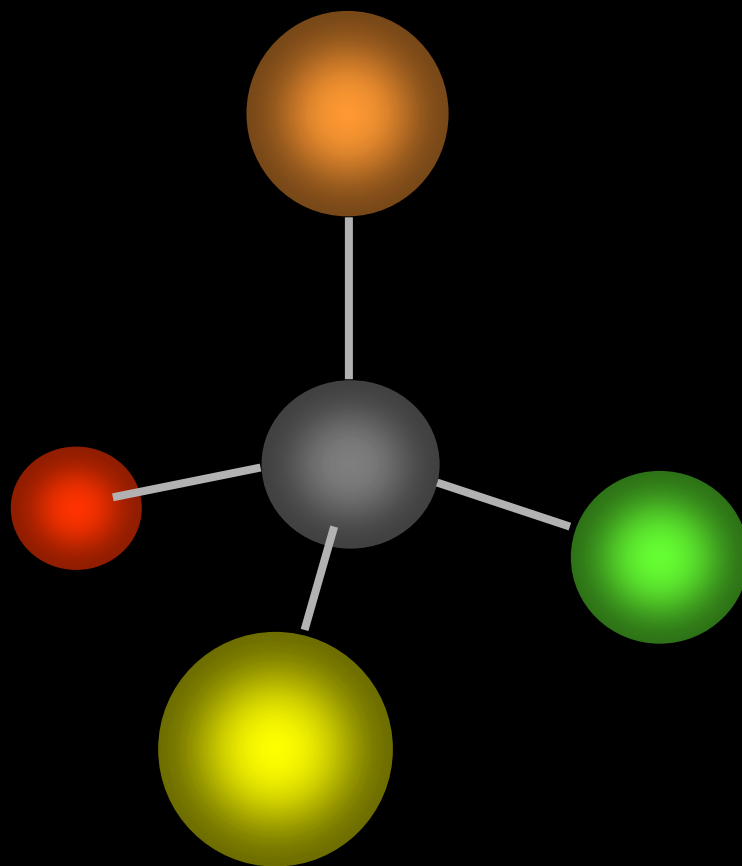


Si estas moléculas fueran “planas”, no existirían dos configuraciones diferentes.
Ambos esquemas representarían a *la misma* molécula rotada 180° fuera del plano.

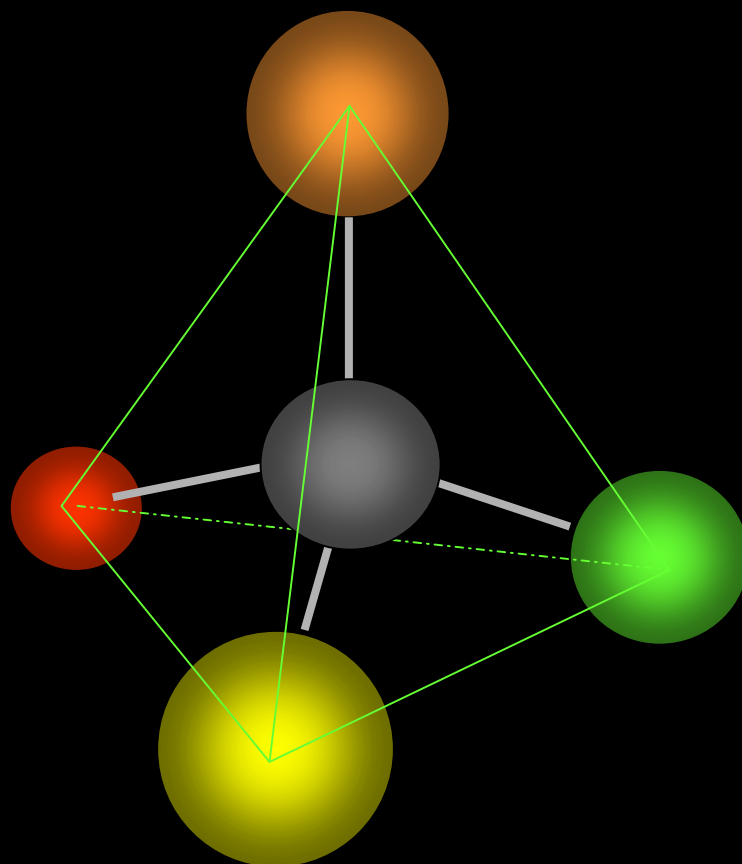


La existencia de compuestos *enantiómeros*,
formados por moléculas con configuración opuesta,
indica que los átomos no están ubicados en un
mismo plano.

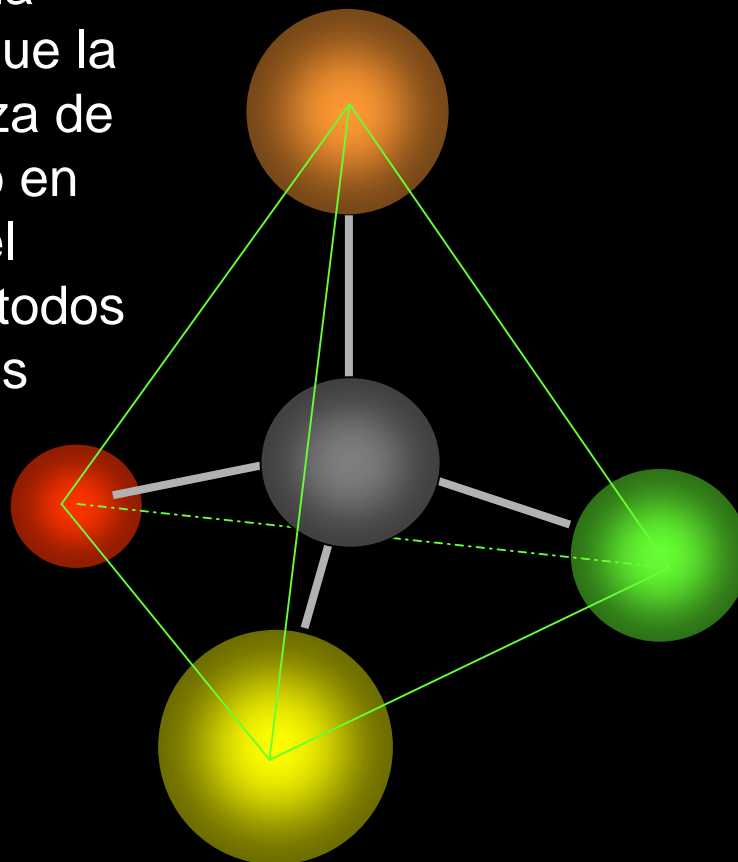




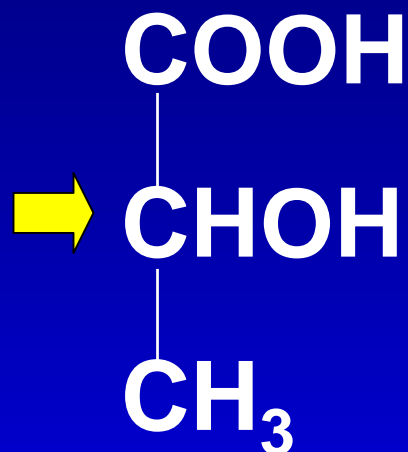
J. H. van't Hoff (holandés), en 1874, precisamente con la finalidad de explicar la existencia de compuestos enantiómeros, planteó la *hipótesis* de que las valencias del carbono debían de estar dirigidas hacia los vértices de un imaginario *tetraedro* regular.



Muchos químicos de la época consideraron que la hipótesis de una fuerza de atracción dirigida sólo en ciertas direcciones del espacio, contradecía todos los conceptos vigentes sobre fuerzas de atracción...

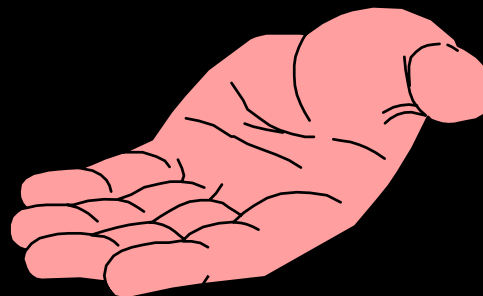
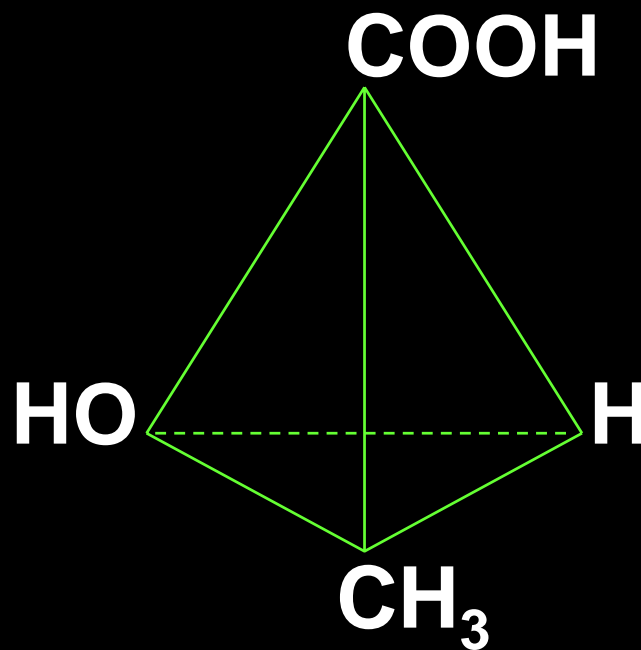
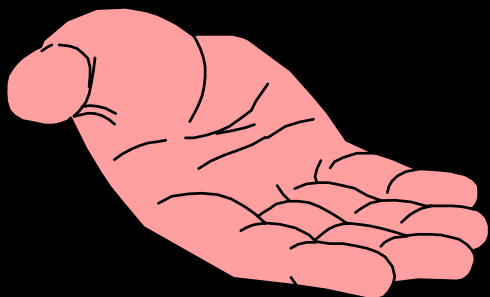
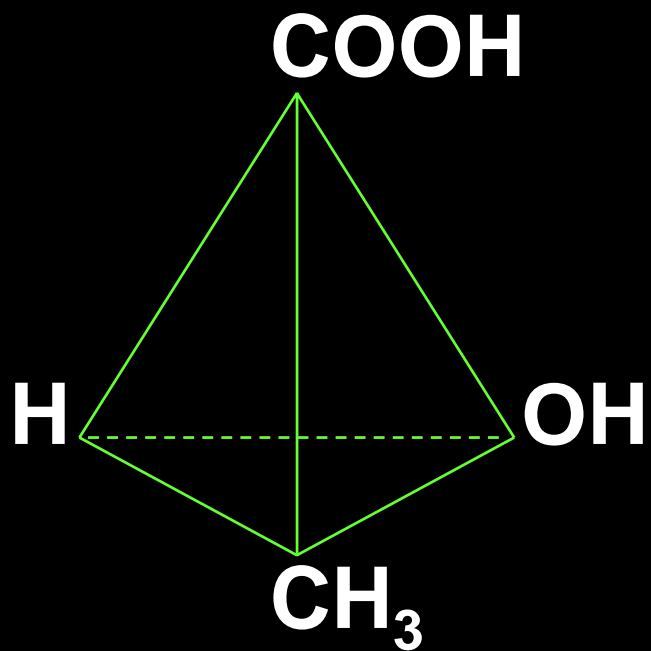


La teoría de Pauling y Slater (1931), y la teoría de Pauling de la *hibridación de orbitales*, desarrollada en los años siguientes, permitieron explicar el carácter dirigido de estos enlaces y su configuración tetraédrica. En 1901, van't Hoff había recibido el primer Premio Nobel de Química.



En el **ácido láctico**, por ejemplo,
(*ácido α -hidroxipropánico*), el átomo de carbono
contiguo al grupo funcional *carboxilo* (carbono α), es un
átomo de carbono quiral, un “centro quiral”, lo que da
origen a la existencia de moléculas **enantiómeras**...

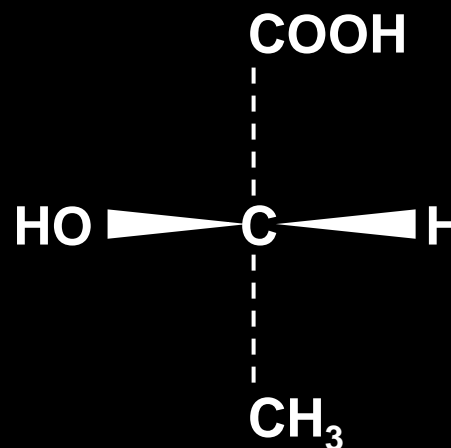
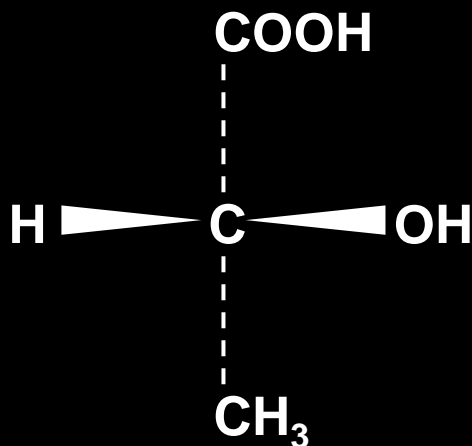


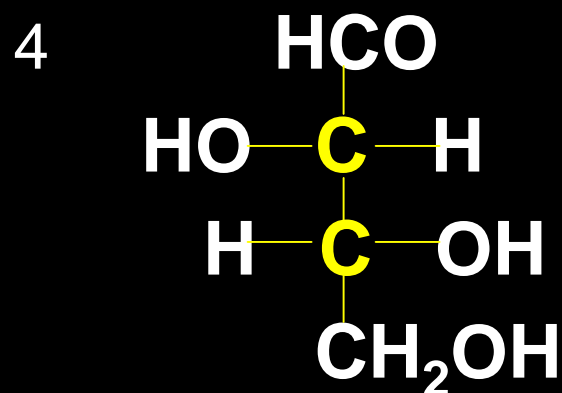
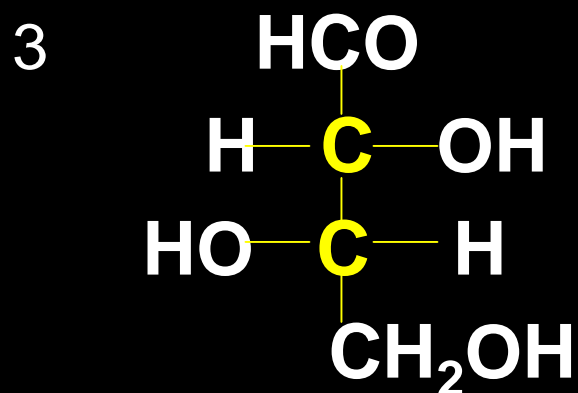
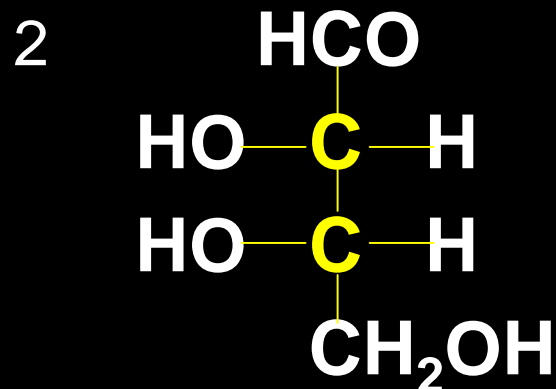
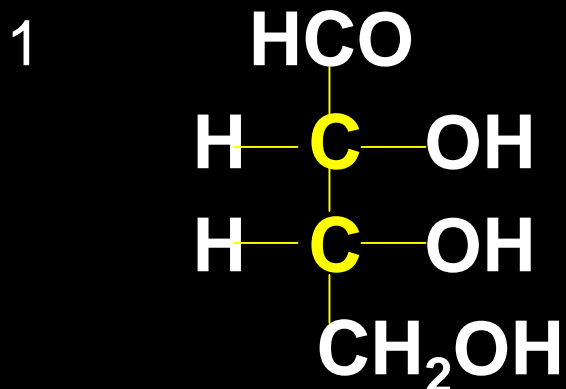


Las fórmulas *en perspectiva*, representan al carbono quiral sin necesidad de dibujar el inexistente tetraedro, motivo por el cual van't Hoff había sido criticado.

Los enlaces hacia atrás del plano se representan con líneas punteadas, y los enlaces hacia adelante del plano, con triángulos.

Mediante las fórmulas en perspectiva, los enantiómeros del ácido láctico se representan así:





Si una molécula tiene **dos centros quirales diferentes**, son posibles 4 configuraciones. Los compuestos 1 y 2 son enantiómeros. También son enantiómeros el 3 y el 4. Estos últimos son *diastereómeros* del 1 y el 2, y sus propiedades físicas y químicas *difieren* de las de aquellos. Del mismo modo, 1 y 2 son *diastereómeros* del 3 y el 4.



Enantiómeros y diasterómeros son **isómeros**, porque son *compuestos diferentes que tienen la misma fórmula molecular.*

Los enantiómeros y diasterómeros, se denominan isómeros **ópticos** por razones que se explican en la segunda parte de este trabajo.



En resumen:
cuando la molécula tiene *un* centro quiral,
es posible la existencia de un par de enantiómeros;
cuando la molécula tiene *dos* centros quirales
diferentes,
es posible la existencia de dos pares de enantiómeros,
que son diasterómeros entre sí.

Para un determinado compuesto,
el número máximo posible de isómeros ópticos es 2^n
siendo *n* el número de centros quirales *diferentes*
(regla de van 't Hoff).

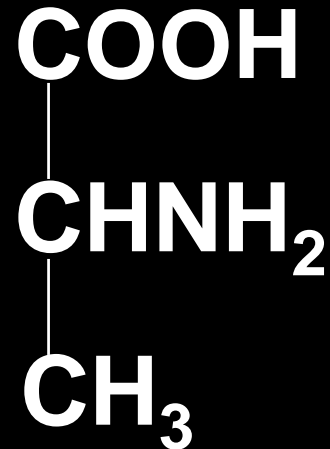


Pregunta:



Glicina

(ácido α -aminoetanoico)



Alanina

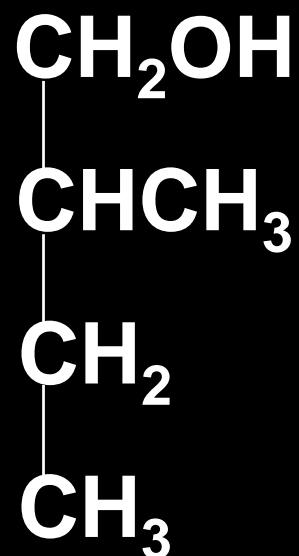
(ácido α -aminopropanoico)

Uno de estos α -aminoácidos que forman parte de las proteínas, presenta un centro quiral.
Marcar el centro quiral.



Pregunta:

¿Cuántos centros quirales existen en la molécula de **alcohol amílico**? (*2-metil 1-butanol*).



Escribir las fórmulas de los enantiómeros.

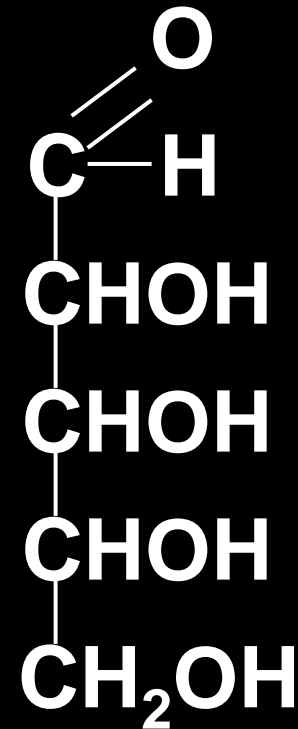


Pregunta:

La fórmula representa a las *aldopentosas* en forma de cadena abierta.

a) ¿Cuántos centros quirales existen?
Marcarlos empleando el puntero del ratón como marcador de color.

b) ¿Cuántas aldopentosas pueden existir en este caso?



Todas las aldopentosas son conocidas.

Una de las más importantes es la *ribosa*, producto de la hidrólisis del *ácido ribonucleico*, **ARN**, donde se encuentra en forma de cadena cerrada (cíclica).

La *desoxirribosa*, que tiene un átomo menos de oxígeno, forma parte de la molécula del *ácido desoxirribonucleico*, **ADN**.



Pregunta:

El ácido cólico ($C_{24}H_{40}O_5$), presente en la bilis,
tiene 11 centros quirales diferentes.
¿Cuántos isómeros ópticos son posibles?
(Sólo uno existe en el organismo).



Fin de la primera parte