

## SÍNTESIS DE ISÓMEROS GEOMÉTRICOS

### OBJETIVO

Sintetizar los isómeros geométricos *cis*- y *trans*-bis(glicinato) de cobre(II) monohidratado.

### INTRODUCCIÓN

En los compuestos de coordinación existe una gran variedad de tipos de isomería, entre ellos destacan la isómeros geométricos, ópticos y de enlace. Algunos ejemplos de estos tipos de isomería fueron fundamentales para el establecimiento de la teoría de coordinación propuesta por Werner en 1893.

Se dice que dos o más sustancias son isoméricas si tienen la misma fórmula empírica, pero al mismo tiempo difieren en sus propiedades físicas y químicas.

Los isómeros geométricos difieren en la distribución espacial de los ligantes alrededor del átomo central.

Los isómeros ópticos están estructuralmente relacionados como imágenes especulares y rota el plano de la luz polarizada en diferentes direcciones.

Los isómeros de enlace difieren únicamente en el átomo del ligante que está realmente enlazado al átomo central, este tipo de isomería se presenta cuando un ligante es capaz de coordinarse a través de diferentes átomos donadores.

En los isómeros geométricos, a pesar de que el arreglo es diferente, la configuración alrededor del átomo central es la misma. Este tipo de isómeros pueden ser aislados, mientras que los isómeros conformacionales no, ya que existe un equilibrio dinámico entre sí debido a su baja energía de activación.

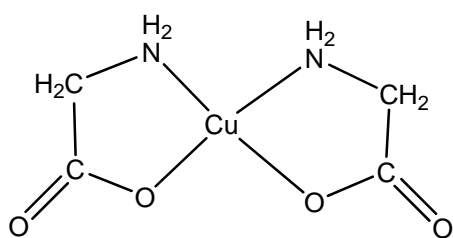
La isomería geométrica *cis-trans* se refiere a la posición que guardan los ligantes dentro de la esfera de coordinación del átomo central. El isómero en el cual los ligantes de referencia se encuentran situados en posiciones adyacentes se llama isómero *cis*. En el isómero *trans* dichos ligantes están situados en posiciones opuestas.

La isomería *cis-trans* se presenta principalmente en complejos con geometría cuadrada y octaédrica. Los ligantes bidentados asimétricos (como la 1,2-propanodiamina, algunos aminoácidos, el 8-hidroxiquinolato, etc.) presentan isomería *cis-trans* cuando dos de estos se coordinan sobre un plano a un ion metálico. El cobre en estado de oxidación 2+ forma una gran cantidad de compuestos de coordinación, muchos de los cuales son quelatos con ligantes como los mencionados.

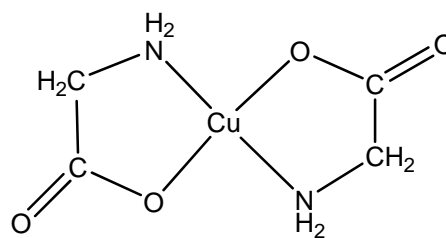
El cobre(II) presenta mayor diversidad en comportamiento estereoquímico que cualquier otro elemento. Con cuatro ligantes presenta configuración cuadrada y tetraédrica distorsionada (no se observa coordinación tetraédrica regular). Con cinco enlaces da configuración de pirámide tetragonal y en raras ocasiones bipirámide trigonal. Con seis ligantes presenta geometría octaédrica distorsionada.

Las configuraciones geométricas que presenta cobre(II) con mayor frecuencia son aquellas en las cuales tiene un grupo de cuatro ligantes coplanares con geometría cuadrada con uno o dos vecinos más distantes completando una pirámide tetragonal o un octaedro distorsionado.

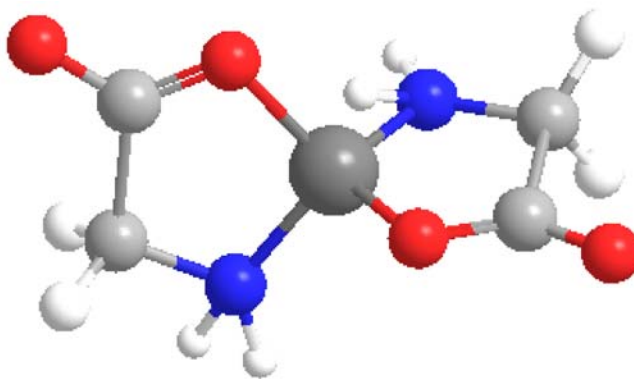
El cobre(II) forma una gran cantidad de compuestos quelatos en los cuales el cobre está enlazado a átomos de oxígeno y nitrógeno presentando una gran estabilidad. Como ejemplo de dichos compuestos están los derivados de la glicina,  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ , los cuales presentan isomería *cis-trans*:



*cis*-[Cu(gli)<sub>2</sub>]



*trans*-[Cu(gli)<sub>2</sub>]



Estos fueron los primeros isómeros geométricos descubiertos para un complejo de cobre(II) con aminoácidos. En un principio se pensó que el isómero *trans* existía como dihidrato, pero estudios posteriores demostraron que existe también como monohidrato.

Ambos compuestos presentan diferente estabilidad ya que, por ejemplo, el isómero *trans* pierde su molécula de agua de cristalización mucho más fácilmente, entre 100 y 127°C, que el isómero *cis*, entre 145 y 181°C.

En la preparación de estos isómeros se establece un equilibrio entre ambos, pero como la cristalización del isómero *cis* es favorecida por la cinética, solo este se precipita de la solución.

La conversión del isómero *cis* al *trans*, el cual es más estable termodinámicamente, puede llevarse a cabo por dos métodos: (a) por calentamiento del isómero *cis* a 180°C por un corto tiempo, de 10 a 15 minutos, después del cual se coloca en una atmósfera húmeda para su hidratación, y (b) permitiendo al isómero *cis*, en estado sólido, que permanezca en contacto con una solución saturada de ambos isómeros en equilibrio. Este último método de isomerización ocurre a través de un proceso intermolecular catalizado por glicina.

El espectro electrónico de estos isómeros en solución, medidos en la región visible, muestra una banda a 630 nm con  $\epsilon = 48.1$  para el *cis* y  $\epsilon = 47.9$  para el *trans*.

La diferenciación entre ambos compuestos se puede hacer por medio de su espectro infrarrojo, el cual muestra para el isómero *cis* un par de bandas entre 450 y 500  $\text{cm}^{-1}$  debidas a vibraciones de estiramiento simétrico y antisimétrico de los

enlaces Cu-N. El isómero *trans* solo presenta una banda en dicha región debida al estiramiento asimétrico de los enlaces Cu-N.

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Esta práctica se lleva a cabo en dos partes. En la primera parte, después de filtrar el producto, es necesario guardar el filtrado ya que éste, junto con una parte del producto sólido, se usa en la síntesis del segundo isómero.

**Primera Parte.** Se disuelven 2.0 g de acetato de cobre monohidratado en 25 mL de agua caliente. Después se agregan 25 mL de etanol caliente y la solución se mantiene a ca. 70°C. Por otro lado, se disuelven 1.5 g de glicina en 25 mL de agua caliente. Las dos soluciones se mezclan aún calientes, y la mezcla resultante se enfría en hielo. Se obtiene un precipitado de *cis*-[Cu(gli)<sub>2</sub>]·H<sub>2</sub>O en forma de agujas, el cual se separa por filtración y se lava con 10 mL de etanol. El filtrado se guarda, y el sólido se deja secar al aire.

**Segunda Parte.** Aproximadamente 10 mL del filtrado de la primera parte se colocan en un matraz de ebullición con *circa* ¾ partes del producto sólido preparado y 1.0 g de glicina. La mezcla se deja calentar a reflujo por una hora. Después de este tiempo, el sólido se separa por filtración con la solución aún caliente, lavando con un poco de etanol y dejando secar al aire.

## MATERIAL

1 termómetro  
 1 agitador magnético  
 1 parrilla  
 1 probeta de 20 mL  
 1 piceta  
 1 vaso de precipitados de 150 mL  
 1 vaso de precipitados de 100 mL  
 1 cristalizador  
 1 vidrio de reloj  
 1 agitador de vidrio            1 espátula

## REACTIVOS

acetato de cobre(II) monohidratado  
 glicina  
 etanol  
 hielo  
 agua destilada

1 matraz Kitazato de 250 mL  
1 embudo Büchner            1 reóstato  
1 probeta de 25 mL            1 matraz de ebullición de 50 mL  
1 refrigerante para reflujo   1 canasta para calentamiento  
1 balanza granataria        1 soporte universal  
2 nueces      1 mantilla de asbesto

## REFERENCIAS

1. P. O'Brien, *J. Chem.Educ.*, 59(12), 1052-1053 (1982).