

Estabilidad en compuestos de coordinación (ECC).

Pregunta a responder al final de la sesión:

¿Qué característica estructural de los ligantes favorece una mayor estabilidad en los complejos?

Introducción

Un **compuesto de coordinación**, o **complejo**, es aquel que resulta de la unión de un *ácido de Lewis* (aceptor de pares de electrones) y una o varias *bases de Lewis* (donadoras de pares de electrones). El número de bases que pueden unirse al ácido es independiente de la carga de ambos.

En la química de coordinación, los ácidos de Lewis más comunes son los cationes metálicos, M^{n+} , y es habitual referirse a uno de ellos como **átomo central**, ion metálico o simplemente metal. Por otro lado, a las bases de Lewis se les conocen como **ligantes** y suelen ser aniones o moléculas neutras en las que al menos hay un átomo con un par de electrones no compartido. Algunos ejemplos simples son: H_2O , NH_3 , Cl^- , CN^- , etcétera. Al átomo con el par de electrones no compartido se le llama **átomo donador**.

Los iones metálicos en disolución acuosa generalmente forman complejos del tipo $[M(H_2O)_6]^{n+}$. Sin embargo, si el metal es enlazado por ligantes con carga, puede llegar a producir un compuesto de coordinación neutro que podría ser insoluble y, por lo tanto, que podría precipitar.

Reactivos:

$Co(NO_3)_2$ 0.25 M	$Cu(NO_3)_2$ 0.25 M	$Zn(NO_3)_2$ 0.25 M
$K_2C_2O_4$ 0.25 M	KCHOO 0.25 M	Etilendiamina 0.1 M
Propilamina 0.1 M	H_2salen , <i>N, N'</i> -etilenbis(salicildenimina) 0.1 M	NaOH 0.1 M

Material por equipo:

10 Tubos de ensayo	Frasco lavador
Tiras reactivas de pH	Pipetas Beral de 3 mL

Desarrollo experimental

Experimento 1

En esta prueba compararás la interacción de los iones metálicos Co^{2+} , Cu^{2+} y Zn^{2+} con los ligantes formiato y oxalato (ver figura 1), para formar compuestos con fórmula $[M(\text{formiato})_2]$ y $[M(\text{oxalato})]$, respectivamente, donde M representa a cualquiera de los metales anteriores.

Forma dos series con tres tubos de ensaye cada una. Para las dos, a uno de los tubos añade 2 mL de disolución de $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, a otro 2 mL de disolución de $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ y al restante 2 mL de disolución de $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$.



Figura 1. Estructuras (fórmulas semidesarrolladas) de los iones formiato y oxalato.

A los tubos de una de las series, adicionales 4 mL de disolución de formiato de sodio. Anota tus observaciones en la tabla 1.

Agrega ahora 2 mL de disolución de oxalato de potasio a los tubos de la otra serie. Registra lo que observes en la tabla 1.

Tabla 1. Observaciones de la interacción de aniones formiato y oxalato con los cationes Co^{2+} , Cu^{2+} y Zn^{2+} .

<u>Ligante adicionado</u>	Formiato		
Cationes	Co^{2+}	Cu^{2+}	Zn^{2+}
Color inicial			
Cambio observado al agregar el ligante			
Ligante adicionado	Oxalato		
Cationes	Co^{2+}	Cu^{2+}	Zn^{2+}
Color inicial			
Cambio observado al agregar el ligante			

a) Tomando en cuenta las estructuras de los ligantes y que se añadió un volumen doble de formiato que de oxalato, dibuja la fórmula semidesarrollada del producto *esperado* en cada caso.

b) ¿Cómo puedes explicar los resultados tan distintos que se pudieron observar al agregar ya fuera formiato u oxalato? _____

Experimento 2

Ahora observarás las diferencias que se presentan en la formación de complejos con níquel y con los ligantes de la figura 2.

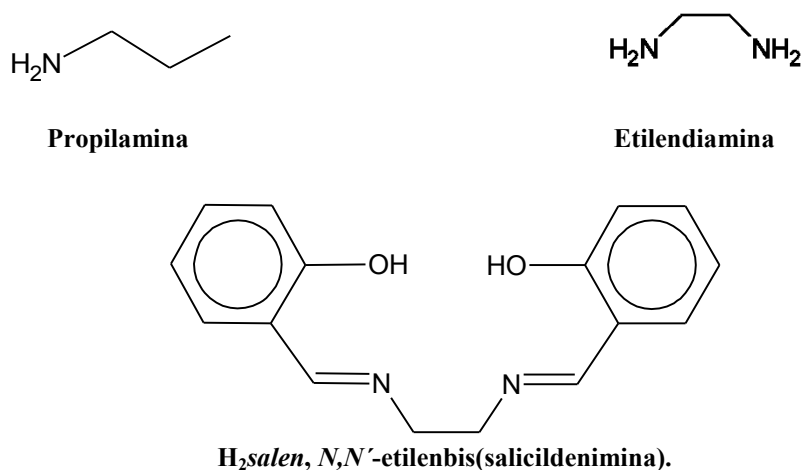


Figura 2. Estructuras (fórmulas semidesarrolladas) de los ligantes propilamina, etilendiamina y H₂salen.

Toma cuatro tubos de ensaye y coloca en cada uno 2 mL de disolución de Ni(NO₃)₂. Determina el pH de esta disolución y de las de los ligantes.

Posteriormente, lleva a cabo las reacciones indicadas en la tabla 2 y completa ésta:

Tabla 2. Reacciones de Ni²⁺ con diversos ligantes.

<u>Tubo</u>	<u>Reacción</u>	<u>pH del ligante</u>	<u>pH de la mezcla</u>	<u>Observaciones</u>
1	2 mL de Ni ²⁺ + 8 mL de propilamina			
2	2 mL de Ni ²⁺ + 4 mL de etilendiamina			
3	2 mL de Ni ²⁺ + 2 mL de H ₂ salen			

4	2 mL de Ni^{2+} + gotas de NaOH			
---	--	--	--	--

a) ¿Qué producto se formó en el tubo 4 (al que se añadió NaOH)? _____

b) El compuesto obtenido en el tubo 4 es igual al que se generó en uno de los tres primeros. ¿A cuál de ellos y por qué? _____

c) Considerando que las disoluciones de Ni^{2+} y de todos los ligantes tienen la misma molaridad, escribe las ecuaciones de las reacciones que se efectuaron, con los coeficientes estequiométricos que correspondan. Dibuja la fórmula semidesarrollada de cada producto esperado.

d) ¿Cómo puedes explicar los distintos valores de pH obtenidos? _____

e) Analizando los resultados y las estructuras de los ligantes de la figura 2, propón una secuencia de estabilidades para los compuestos de coordinación de níquel con dichos ligantes. Sugiere y

realiza un procedimiento experimental para corroborar la secuencia que planteaste.

Reacción o reacciones a llevar a cabo:

En conclusión ¿Qué característica estructural de los ligantes favorece una mayor estabilidad en los complejos? _____

Referencias bibliográficas.

- 1.- Mocellin, E. 1994 Microscale Chemistry Workshop in Organic, Inorganic and General Chemistry, (Australasian Microscale Chemistry Center), Deakin Univ, Geelong, Victoria, Australia.
- 2.- Szafran, Zvi. Microscale Inorganic Chemistry. New York, Wiley, 1991
3. Huheey, J. E. *Química Inorgánica. Principios de estructura y reactividad*, 4ª. Edición, Alfaomega Grupo Editor, México, 2007. ISBN 9701511352.
4. Lee, J. D., *Concise Inorganic Chemistry*, 5ª Edición, Wiley-Blackwell, Reino Unido, 1999.

Apéndice I.- Conocimientos previos.

Concepto ácido-base de Lewis, enlace covalente coordinado, efecto quelato, equilibrio químico, número de coordinación.

Apéndice II.- Preparación de reactivos.

$\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ 0.25 M, se pesan 4.57 g y son aforados a 100 mL con agua destilada.

$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ 0.25 M se pesan 4.73 g y son aforados a 100 mL con agua destilada.

$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 0.25 M se pesan 4.7 g y son aforados a 100 mL con agua destilada.

$\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 0.25 M se pesan 46.1 g y son aforados a 100 mL con agua destilada.

KCHOO 0.25 M se pesan 2.1 g y son aforados a 100 mL con agua destilada.

$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ 0.1 M se pesan 4.5 g y son aforados a 100 mL con agua destilada.

Etilendiamina 0.1 M, 0.67 mL aforados a 100 mL de agua.

Propilamina 0.1 M, 0.82 mL aforados a 100 mL de agua.

H_2salen 0.1 M, 1.34 g en 50 mL de acetona.

H_2salen 0.05 M, 0.67 g en 50 mL de acetona.

NaOH 0.1 M, pesando 0.4 g de NaOH y aforados a 100 mL se prepara una disolución aproximadamente 0.1 M.

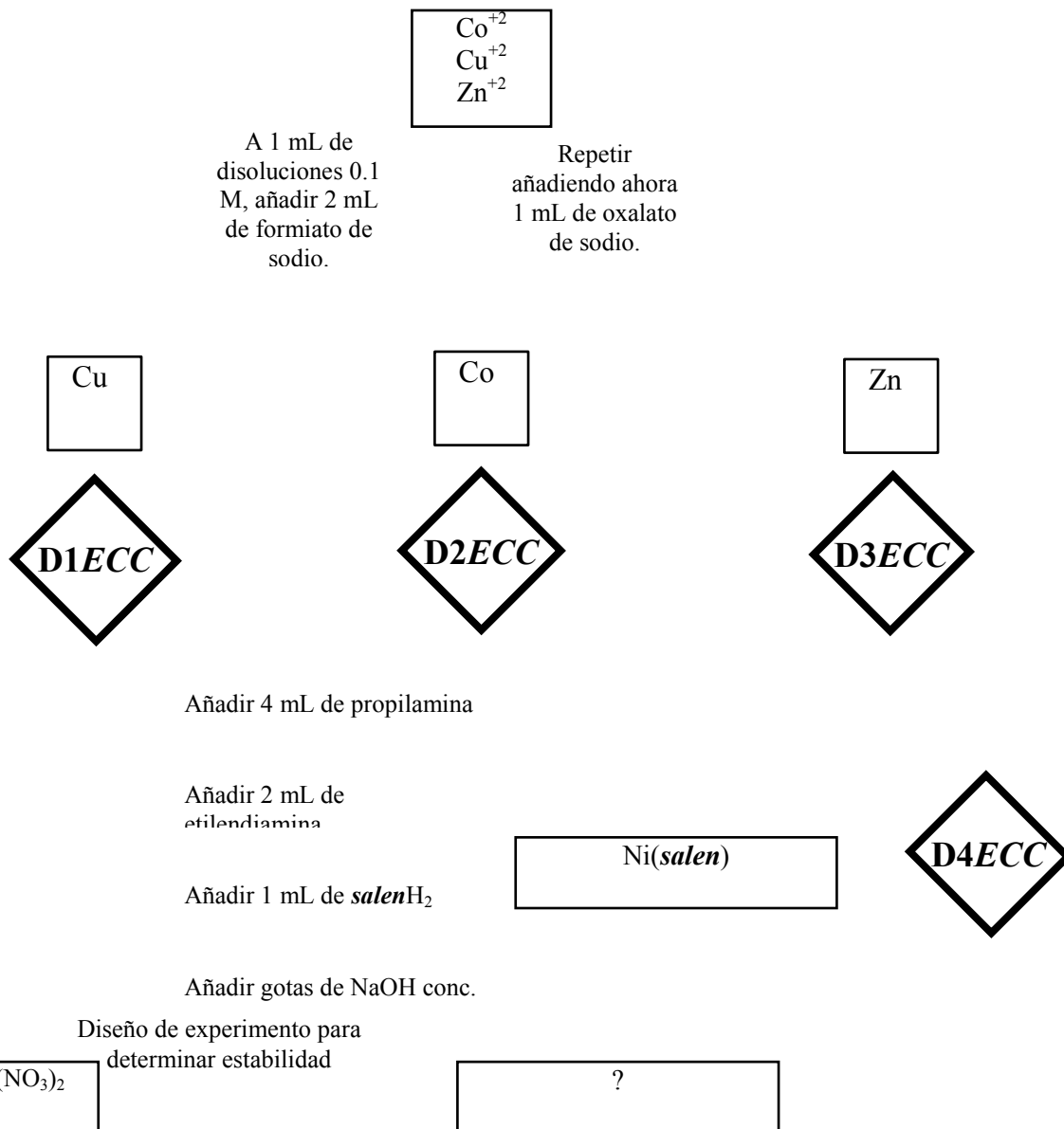
Síntesis del ligante *N,N'*-etilenbis(salicildenimina), H_2salen

Colocar 5.2 mL de salicilaldehído (1.17g/mL) con 15 mL de etanol al 96% en matraz redondo con tres bocas, se calienta a ebullición. Se adicionan lentamente 1.7 mL de etilendiamina y se deja a reflujo durante 5 minutos hasta la aparición de hojuelas brillantes de un sólido amarillo.

Apéndice III.- Disposición de residuos.

ESTABILIDAD DE COMPUESTO DE COORDINACIÓN (ECC)

Diagrama ecológico para el manejo de residuos



Recomendaciones:

- 1) El residuo **D1ECC** se neutraliza y se puede desechar a la tarja.
- 2) El residuo **D2ECC** se precipita con bicarbonato grado industrial, se filtra para su disposición en la Unidad de gestión ambiental (UGA).
- 3) El residuo **D3ECC** se neutraliza y se desechea.
- 4) El residuo **D4ECC** se también se neutraliza y puede precipitarse como bicarbonato