



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

Propuesta de prácticas de laboratorio para la asignatura de
química analítica II de la carrera de ingeniería química plan
2012

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A:

ATENGUEÑO REYES KARINA

ASESOR:

Q. F. B. DALIA BONILLA MARTÍNEZ

COASESOR:

Q. F. B. MARTHA ANGÉLICA VILLEGAS GONZÁLEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUELLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: M. EN A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos a comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Propuesta de prácticas de laboratorio para la asignatura de química analítica II de la carrera de ingeniería química plan 2012

Que presenta la pasante: Karina Atengueño Reyes
Con número de cuenta: 306015799 para obtener el Título de: Ingeniera Química

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 30 de Junio de 2014.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. María Guadalupe Pérez Caballero	
VOCAL	Dr. José de Jesús Pérez Saavedra	
SECRETARIO	Q.F.B. Dalia Bonilla Martínez	
1er. SUPLENTE	Dr. Julio César Botello Pozos	
2do. SUPLENTE	M. en C. Pablo Hernández Matamoros	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

HMI/iac

DEDICATORIAS

A mis padres, que con este trabajo culmino con la gran oportunidad que me brindaron de estudiar.

A la comunidad de la FES Cuautitlán, esperando que éste trabajo les sirva de apoyo.

"La ciencia se compone de errores, que a su vez, son los pasos hacia la verdad."

Julio Verne

AGRADECIMIENTOS

A mi padre, Ignacio, por la gran oportunidad que me dio para estudiar, es algo que siempre le agradeceré, que con nada podré retribuírselo.

A mi madre, Berta, por su apoyo durante todo el trayecto que he recorrido hasta ahora.

A mi hermano, Roberto, que a lo largo de los años ha sido una buena compañía.

A mis dos mejores amigas, Jocelyn y Johana quienes me mostraron el verdadero valor de la amistad y por estar conmigo en las buenas y en las malas.

A los profesores de la carrera de Ingeniería química, que día a día aportaron las bases para el entendimiento de una carrera tan bonita, como lo es la ingeniería química.

A mis compañeros de la generación IQ36, por compartir tantas experiencias ya sea directa o indirectamente.

A la FES Cuautitlán por ser la facultad que me formara como profesionista.

A la UNAM, por brindarme los mejores años de mi vida académica, que, desde el CCH me ha formado para ser un miembro útil de la sociedad.

A mis asesoras y al jurado asignado, por el tiempo invertido. Ya que con las observaciones que hicieron, ayudaron a mejorar considerablemente este trabajo.

"El trabajo del pensamiento se parece a la perforación de un pozo: el agua es turbia al principio, más luego se clarifica"

Proverbio chino

ÍNDICE

Resumen	1
Objetivo general	2
Objetivos particulares	2
Introducción.....	3
I. Antecedentes	6
Análisis comparativo de los programas de la asignatura de química analítica II	6
Unidades que componen los programas.....	6
II. Reacciones simultáneas: ácido-base, precipitación y formación de complejos.....	9
Ubicación de la práctica dentro del programa teórico de la asignatura	9
Práctica propuesta: Separación de dos iones metálicos, Al (III) y Mg (II), mediante precipitación selectiva bajo dos condiciones de amortiguamiento: pNH_3' y pH.....	9
III. Reacciones simultáneas de ácido-base, precipitación y formación de complejos.....	32
Ubicación de la práctica dentro del programa teórico de la asignatura	32
Práctica propuesta: Determinación espectrofotométrica de Cu (II) con EDTA en un medio de doble amortiguamiento: pH y pGlicina.....	32
IV. Reacciones simultáneas: de óxido-reducción, ácido-base, precipitación y formación de complejos.....	50
Ubicación de la práctica dentro del programa teórico de la asignatura	50
Práctica propuesta: Valoración potenciométrica de una muestra comercial de ácido ascórbico con Cu (II) en medio amortiguado de pH y $pSCN'$	50
V. Conclusiones.....	67
VI. Glosario	69
Glosario de términos.....	69
Glosario de siglas.....	70
VII. Bibliografía	71
Anexo A: FITG-FESC-01-03	72

Anexo B: Programas de estudio de la asignatura de química analítica II para la carrera de ingeniería química	74
Programa de la asignatura de química analítica II plan 2004	75
Programa de la asignatura de química analítica II plan 2012	82
Anexo C: Resultados y memoria de cálculo de las prácticas propuestas	88
Anexo D: Estandarización de soluciones	111

RESUMEN

Las prácticas de cualquier laboratorio dentro del marco institucional de la FES Cuautitlán deben cumplir con el programa de estudios vigente, con la finalidad de reforzar los conocimientos teóricos a través de la experimentación.

El principal objetivo de este trabajo, es proponer tres prácticas de laboratorio que se relacionen con las unidades temáticas del programa de la asignatura de química analítica II plan 2012. Además de desarrollar la práctica según el formato del sistema de gestión de calidad (SGC) de la FESC y la norma ISO 9001-2008.

El presente escrito se enfocará en:

- Justificar por qué proponer prácticas de laboratorio.
- Qué parte del programa de estudios será un refuerzo para los conocimientos teóricos adquiridos.
- El título de las prácticas y el desarrollo de éstas.

Las prácticas cuantitativas son las siguientes:

1. Separación de dos iones metálicos, Al (III) y Mg (II), mediante precipitación selectiva bajo dos condiciones de amortiguamiento: $p\text{NH}_3'$ y pH.
2. Determinación espectrofotométrica de Cu (II) con EDTA en un medio de doble amortiguamiento: pH y pGlicina
3. Valoración potenciométrica de una muestra comercial de ácido ascórbico con Cu (II) en medio amortiguado de pH y $p\text{SCN}'$

OBJETIVO GENERAL

- Proponer tres prácticas cuantitativas que contribuyan a la creación de un manual de laboratorio de la asignatura de química analítica II para la carrera de ingeniería química plan 2012; mediante la revisión de los programas de la asignatura, para que las prácticas propuestas cumplan con el programa de estudios del plan actualizado.

Objetivos particulares

- a) Realizar un análisis comparativo de los programas de la asignatura de química analítica II para la licenciatura de ingeniería química, plan 2004 y 2012; en el cual se resalten las modificaciones hechas, enfatizando las aportaciones del plan modificado, y justificando las prácticas propuestas.
- b) Probar experimentalmente las prácticas propuestas para ejecutarse en el tiempo establecido a una clase experimental.
- c) Dar formato a las prácticas propuestas para que cumplan con los requisitos del sistema de gestión de calidad de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, y con la norma ISO 9001-2008, de acuerdo a la certificación de los laboratorios de la sección de química analítica, emitida por el IMNC.

INTRODUCCIÓN

La licenciatura de ingeniería química comenzó a impartirse en la FESC con el primer plan de estudios en el año de 1974, mismo en que la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán se fundó bajo el nombre de Escuela Nacional de Estudios Profesionales Cuautitlán.

En el plan de estudios del año 1974, química analítica, conocida como análisis, comprendía cinco cursos, uno puramente teórico (análisis I) y cuatro cursos teórico-prácticos (análisis II, III, IV y V). Este programa era compartido por las licenciaturas de Ingeniería Química y Química.

En el año 2004, el plan de estudios se modificó y actualizó, reduciendo los cursos de química analítica a tres cursos teórico-prácticos, enfocándolos exclusivamente a la licenciatura de Ingeniería Química.

En el año 2012, se aprueba por el H. Consejo Técnico, una actualización al plan de estudios, la cual entró en vigor en el semestre 2013-I. A causa de esto, el curso teórico-práctico de la asignatura química analítica II tiene aplicación en el periodo 2015-I.

Considerando esto, se realiza una propuesta de actividades experimentales, con la finalidad de presentar prácticas de laboratorio que se adecuen a la modificación hecha al programa de química analítica II, las cuales se sugieren como alternativa para incluirse en una actualización de manual de laboratorio de la asignatura en cuestión.

La actualización del plan de estudios es el principal objetivo para proponer prácticas experimentales, que, como ya se mencionó anteriormente, no solo se tiene que actualizar el contenido para las cátedras teóricas, también para las sesiones experimentales, las cuales refuerzan y sirven para la aplicación de los conocimientos adquiridos.

El contenido de un manual de laboratorio para la asignatura de química analítica II se compone de tres tipos de experimentaciones: prácticas cualitativas, prácticas cuantitativas y proyectos.

Las prácticas cualitativas, se caracterizan por justificar, una observación física o química a causa de un proceso químico sin fines cuantitativos de contenido, a través de conceptos teóricos que proporcionen una explicación a lo observado; generalmente este tipo de prácticas experimentalmente son sencillas.

Las prácticas cuantitativas se enfocan en la obtención de resultados numéricos que representen los fenómenos observados, ya sea midiendo alguna propiedad física y química,

como absorbancia, pH, potencial; estos datos se analizan con fines cuantitativos de contenido de una sustancia en una muestra.

Los proyectos se llevan a cabo después de concluir un determinado bloque experimental. En la elaboración de éstos, los estudiantes aplican los conocimientos adquiridos para diseñar el experimento apropiado, proponiendo el material por utilizar, los reactivos, las concentraciones de las soluciones, las condiciones experimentales apropiadas; lo anterior con base en investigación bibliográfica y apoyándose en las sesiones experimentales previas.

Las prácticas propuestas en este trabajo corresponden a las cuantitativas.

Para que las prácticas experimentales cuantitativas cumplan con los requisitos del sistema de gestión de calidad de la FESC, deben mantener un formato que se compone de los siguientes puntos (establecidos en el formato FITG-FESC-01-03, del Departamento de Certificación, Anexo A):

- a) **Introducción o marco teórico.** Aquí se hace un breve resumen del tema a tratar, y en su caso de las aplicaciones que tiene en la vida cotidiana.
- b) **Actividades previas.** Son actividades que el estudiante tiene que realizar antes de iniciar la sesión experimental con el propósito de que el alumno adquiriera las bases necesarias para comprender lo que se realizará.
- c) **Parte experimental.** Se dividirá en dos apartados: material, reactivos e instrumentación y experimentación.
 - Materiales, reactivos e instrumentación. Se enlista el material de vidrio a usar; los reactivos o soluciones, así como su respectiva concentración; y los instrumentos necesarios para llevar a cabo las mediciones a realizar.
 - Experimentación. Describe la manera de llevar a cabo la sesión experimental.
- d) **Tabla de recolección de resultados.** Se colocan las respectivas tablas donde el estudiante puede anotar los resultados obtenidos durante la experimentación, también se adjunta una plantilla de gráfico para que el alumno represente los resultados obtenidos en un plano.
- e) **Diagrama ecológico para el tratamiento y disposición de residuos.** Este diagrama plantea los pasos a seguir de la experimentación en forma de diagrama de bloques e indica la manera en la que los residuos generados son tratados para su desecho seguro y ecológico.
- f) **Puntos mínimos para la elaboración de informe.** Son actividades que señalan las actividades a realizar para el tratamiento adecuado de los datos, para la obtención de algún gráfico específico y para la aplicación de los conocimientos adquiridos en las clases de teoría, así como las aplicaciones de algunos puntos tratados en las actividades previas.

- g) **Bibliografía.** Enlista las fuentes bibliográficas de las cuales el estudiante se puede apoyar para la realización del informe o para la recopilación de información que pueda servir para la correcta realización de los puntos tratados en las actividades previas.
- h) **Anexos.** Aquí se incluyen las hojas de seguridad de los reactivos usados en cada experimentación. La información contenida de estas hojas son: nombre de la sustancia, sinónimos, propiedades físicas y químicas, efectos a la salud, primeros auxilios, equipo de protección personal, estabilidad y reactividad, medidas para la extinción de incendios, información toxicológica, manejo y almacenamiento, el rombo NFPA y la identificación de riesgos (es decir si se trata de una sustancia corrosiva, irritante, explosiva, tóxica, peligrosas al ambiente, comburentes, fácilmente inflamables, extremadamente inflamables, nocivas).

Se hará una presentación escrita donde se expongan los objetivos de la práctica experimental, una breve introducción del tema tratado en la sesión experimental, marco teórico, material usado que incluya los reactivos e instrumentos de los que se hará uso para el experimento, una descripción de la parte experimental, tabla de recolección de resultados, y tratamiento de residuos.

Lo anterior con el propósito de cumplir con los requisitos del Sistema de Gestión de Calidad de la FESC ISO 9001-2008, ya que los laboratorios de la sección de química analítica se encuentran certificados bajo la norma ISO 9001, certificación emitida por el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación (IMNC); los laboratorios cuentan con dicha certificación a partir de julio de 2009.

I. ANTECEDENTES

A continuación se hará un análisis comparativo entre los programas de asignatura de química analítica II para la licenciatura de ingeniería química, planes 2004 y 2012. El propósito de este análisis, es mostrar diferencias y similitudes que ambos programas tienen, además de que la comparación que se hará servirá como justificación de por qué proponer tres prácticas cuantitativas para la asignatura en cuestión.

Los programas de asignatura de ambos planes de estudio, 2004 y 2012, se podrán consultar en el anexo B al final de este trabajo.

Análisis comparativo de los programas de la asignatura de química analítica II

Los objetivos de la asignatura en ambos planes es el mismo, el único cambio es en la sustitución del término “complejación” (plan 2004) por “formación de complejos” (plan 2012).

Unidades que componen los programas

Plan 2004	Plan 2012
Nombre de las unidades	
<ol style="list-style-type: none">1. Introducción.2. Reacciones químicas homogéneas bajo condiciones de amortiguamiento.3. Solubilidad y reacciones de precipitación bajo condiciones de amortiguamiento.4. Reacciones de óxido-reducción bajo condiciones de amortiguamiento.	<ol style="list-style-type: none">1. Reacciones simultáneas de ácido-base y formación de complejos.2. Reacciones simultáneas de ácido-base, precipitación y formación de complejos.3. Reacciones simultáneas de óxido-reducción, ácido-base, precipitación y formación de complejos.
Diferencias entre los programas	
<ul style="list-style-type: none">• En el plan 2004, en el nombre de unidad aparece el equilibrio de interés y el resto de los equilibrios involucrados está implícito en la parte “condiciones de amortiguamiento”.• El plan 2004 presenta de manera cronológica los temas, así como los objetivos que se deben cumplir y la ubicación de las prácticas experimentales en el curso.	<ul style="list-style-type: none">• Se quita la unidad introductoria al curso en el programa del plan 2012.• Cambio en el nombre de las unidades, en el plan 2012 está explícito en el nombre de unidad que se involucran equilibrios adicionales al tema de interés.• No presenta los objetivos que se deben alcanzar al finalizar cada tema.

Plan 2004	Plan 2012
Reacciones homogéneas bajo condiciones de amortiguamiento	Reacciones simultaneas ácido-base y formación de complejos
Diferencias entre las unidades	
<ul style="list-style-type: none"> • Número de tema: 5 • Uso de los diagramas de zona de predominio. • Se deja claro que se harán titulaciones potenciométricas y espectrofotométricas. • Se presentan los objetivos a alcanzar en cada tema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de tema: 4 • Tema introductorio a la unidad. • Solo se presenta la lista de temas y subtemas. • No se especifica qué tipo de valoraciones se harán, se trata como curvas de valoración y hojas de cálculo. • Aparece como tema la formación de complejos sobre la mezcla de un ácido diprótico.

Plan 2004	Plan 2012
Solubilidad y reacciones de precipitación bajo condiciones de amortiguamiento	Reacciones simultaneas ácido-base, precipitación y formación de complejos
Diferencias entre las unidades	
<ul style="list-style-type: none"> • Número de tema: 5 • Uso de los diagramas de existencia predominio. • En las valoraciones no se especifica que se hacen con EDTA. 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de tema: 3 • Tema introductorio a la unidad. • Elaboración de diagramas de distribución de especies y logaritmo de solubilidad.

Plan 2004	Plan 2012
Reacciones de óxido-reducción bajo condiciones de amortiguamiento	Reacciones simultaneas de óxido-reducción, ácido-base y formación de complejos
Diferencias entre las unidades	
<ul style="list-style-type: none"> • Número de tema: 6 • Se usa el término “amortiguamiento múltiple”. • Tema sobre electrodos indicadores de segundo y tercer tipo. • Tema de ataque de muestras en medios oxidantes y reductores. • Tema sobre reacciones electroquímicas de corrosión y protección química anticorrosiva. 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de tema: 4 • Tema introductorio a la unidad. • Se usa el término “doble amortiguamiento”. • Tema sobre disolución de metales. • Tema sobre el efecto del pH sobre la diferencia de potencial eléctrico, sin que ocurran reacciones simultáneas ácido-base.

El análisis presentado en las tablas anteriores, corresponde a la estructura y contenido del programa.

En cuanto a las aportaciones que tiene el nuevo programa del plan 2012, hay una en especial que es importante resaltar, esta es que en el plan 2012 se hace énfasis en la importancia del amortiguamiento para la simplificación de las ecuaciones matemáticas que permiten resolver el problema. En el programa del plan 2004 desde el primer tema se estudia el amortiguamiento en el sistema, en el plan 2012 se estudia primero un sistema sin amortiguamiento, posteriormente se realiza el mismo estudio para un medio amortiguado. Así, se destaca la importancia del amortiguamiento para resolver el sistema en estudio con menos ecuaciones matemáticas y químicas, pero considerando todas las interacciones que ocurren (reacciones ácido-base, formación de complejos, reacciones de precipitación, reacciones de óxido reducción).

Considerar todas las interacciones ocurridas en el sistema, da una mejor formación al ingeniero químico; teniendo sólo una ecuación matemática para la resolución al problema en estudio, característica que tienen los cursos de química analítica dirigidos a la licenciatura de IQ.

Es por eso, que a continuación se hace la propuesta de tres prácticas que podrían conformar parte de un manual para la asignatura de química analítica II.

II. REACCIONES SIMULTÁNEAS: ÁCIDO-BASE, PRECIPITACIÓN Y FORMACIÓN DE COMPLEJOS

Ubicación de la práctica dentro del programa teórico de la asignatura

La siguiente práctica propuesta, Separación y cuantificación de dos iones metálicos, Al (III) y Mg (II), mediante precipitación selectiva bajo dos condiciones de amortiguamiento: pNH_3' y pH, está relacionada al punto 2.2 de la unidad número 2 del temario plan 2012, que lleva por título “Mezclas de dos iones metálicos con OH”

Práctica propuesta:

Separación de dos iones metálicos, Al (III) y Mg (II), mediante precipitación selectiva bajo dos condiciones de amortiguamiento: pNH_3' y pH.

Objetivos de la práctica

- Separar dos iones metálicos por un método de separación química y física, precipitación selectiva y filtración respectivamente, justificando el proceso de precipitación a través de los diagramas logarítmicos de solubilidad en función del pH.
- Cuantificar uno de los iones separados por medio de una valoración complejométrica usando un indicador metalocrómico con la finalidad de demostrar el porcentaje de recuperación.
- Conocer la importancia de las condiciones experimentales, tales como temperatura y velocidad de agitación entre otras, bajo las cuales debe efectuarse el proceso de precipitación para llevar a cabo una filtración como medio para recuperar al sólido obtenido.

Introducción

La separación de iones metálicos por precipitación selectiva es de gran importancia en el tratamiento de efluentes líquidos derivados de la actividad minera. Éste es un método convencional que permite el uso de cal o hidróxido de sodio para precipitar hidróxidos metálicos, lo cual disminuye la concentración de metales pesados contenidos en efluentes líquidos que son descargados en ríos o lagos.

Para lograr la precipitación selectiva, es necesario imponer un pH al cual un ion precipite, mientras que el resto permanezcan en solución. La determinación de ese intervalo de pH se hace sobreponiendo los diagramas logarítmicos de solubilidad de cada ion.

Es común que, en todo proceso industrial, se usen los términos corriente de entrada y salida, los cuales también pueden aplicarse a nivel laboratorio y que son conocidos en ingeniería química quedando representados en el siguiente esquema:

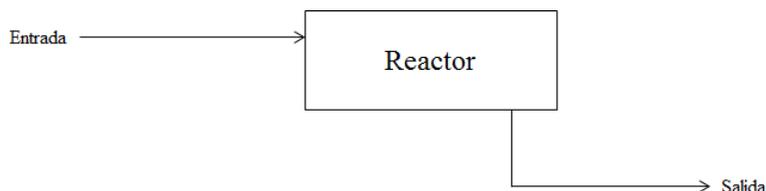
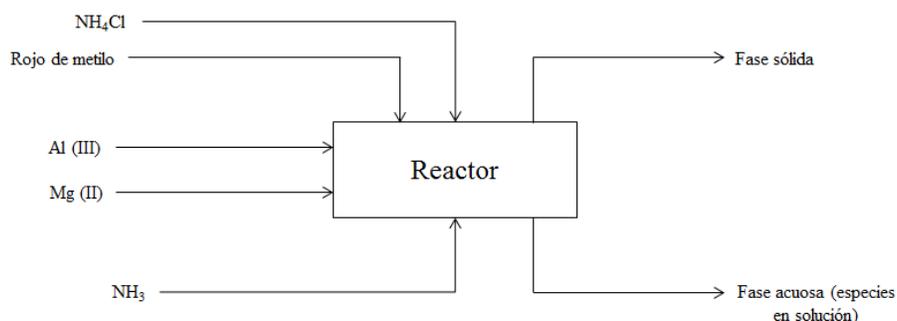


Diagrama típico de una reacción en términos de ingeniería

En esta experimentación se podrá ver con mayor detalle este tipo de términos al aplicarlos en la determinación de la concentración de entrada y salida del magnesio, y el paso de la separación por un reactor (a nivel laboratorio).



Separación de Al (III) y Mg (II)

Con frecuencia, es importante demostrar que la separación es eficiente al determinar cuantitativamente la cantidad recuperada del ion metálico. Esta última, se puede realizar mediante un procedimiento que consiste en valorar el catión metálico en solución.

El método anterior, radica en utilizar un indicador químico metalocrómico, el cual forma un complejo colorido con el catión en solución, pero que el mismo indicador en su forma libre presenta otro color totalmente diferente al complejo, esta propiedad permite al experimentador determinar el volumen de titulante necesario para alcanzar la condición estequiométrica (Volumen de vire). Otro procedimiento común consiste en utilizar un espectrofotómetro en el que se registra la absorbancia en función del volumen añadido, con el fin de calcular la concentración del catión metálico.

En esta práctica, para determinar Mg, se utilizará el indicador metalocrómico negro de eriocromo T o NET que en presencia de Mg (II) forma un compuesto colorido rojo vino. Como la cantidad de indicador es muy pequeña, aún hay Mg (II) libre.



Cuando comienza la adición del titulante EDTA, éste reacciona con el Mg (II) libre, que es incoloro. El EDTA que continúa añadiéndose reacciona posteriormente con el complejo MgIn', desplazando al indicador y dejándolo libre, que al pH impuesto presenta una coloración azul. En el volumen de titulante al cual se efectúa el cambio de color de rojo a azul, se ha alcanzado la condición estequiométrica, según la ecuación química siguiente:



Si por otra parte, el Mg(II) se encuentra en solución con Al(III), y es imperante separarlos, las condiciones experimentales para que dicha separación se vea favorecida, son:

1. Realizar la precipitación de uno de los iones a la temperatura de ebullición de la solución de iones.
2. La solución debe estar en constante agitación y adicionar el reactivo precipitante lentamente.
3. Dejar reposar el precipitado, para que el tamaño de partícula aumente y sea más fácil retirarlo de la solución acuosa con una técnica de filtración convencional.

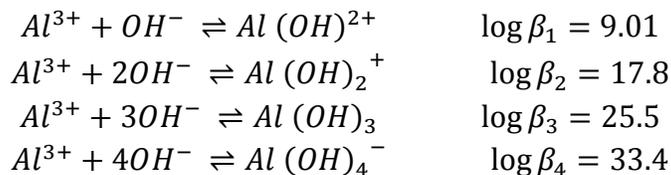
Actividades previas

1. De acuerdo con los datos proporcionados más adelante, concernientes a hidroxocomplejos, desarrollar las ecuaciones matemáticas con las que es posible trazar los diagramas de solubilidad (forma logarítmica) para:
 - a) $\text{Al(OH)}_3 \downarrow$
 - b) $\text{Mg(OH)}_2 \downarrow$
2. Se tiene una disolución de Al^{3+} y Mg^{2+} de concentración igual a 0.1 M para cada catión
 - a. Proponer el intervalo de pH en el cual ambos iones permanecen en solución.
 - b. Proponer el intervalo de pH en el cual coexiste el sólido en equilibrio con las especies químicas en solución.

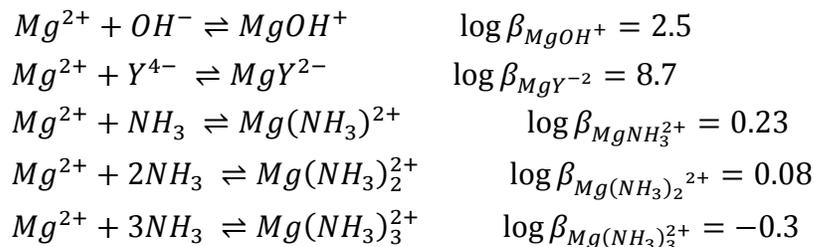
- c. Proponer el intervalo de pH en el cual se ha conseguido la precipitación del aluminio (III) en un 97%

Datos:

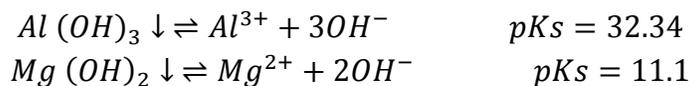
¹Aluminio:



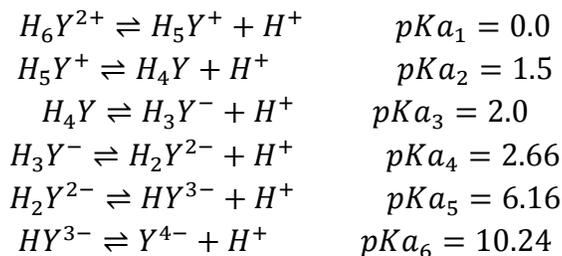
¹Magnesio:



²Constantes de solubilidad



³Constantes de acidez para EDTA:



³Constante de acidez para amoníaco:



¹ Martell E., Smith R. (1989) Critical stability constants (Vol. 6) USA Plenum Press

² Burriel F. (1998) Química analítica cualitativa (18 ed.) España Parainfo Thompson

³ Harris D.C. (2002) Análisis químico cuantitativo (2 ed.) España Reverté S.A. de C.V.

Parte experimental

Equipos, materiales, reactivos

Material	Equipo	Reactivos y soluciones
2 pipetas volumétricas de 20 mL	Potenciómetro y electrodo combinado de vidrio	Solución de AlCl_3 0.1 M
2 pipetas volumétricas de 5 mL	Parrilla con agitación	Solución de MgCl_2 0.1 M
1 pipeta graduada de 2 mL		NH_4Cl
1 matraces volumétricos de 100 mL		Solución de KOH 0.25 M
1 matraz volumétrico de 25 mL		Solución de EDTA 0.05 M
5 matraces volumétricos de 50 mL		NH_3 50% (v/v)
1 probeta graduada de 50 mL		Solución indicadora rojo de metilo
1 probeta graduada de 25 mL		Indicador NET, base sólida, mezclado con NaCl
3 vasos de precipitados de 20 mL		Solución de NH_4NO_3 2%
2 vasos de precipitados de 100 mL		Solución amortiguadora de pH de referencia
2 vasos de precipitados de 50 mL		
1 bureta de 10 mL		
1 vidrio de reloj		
1 varilla de vidrio		
1 matraz Kitasato		
1 embudo Buchner		
Soporte universal con pinzas y nuez		
1 piseta		
2 perillas		
1 barra magnética		
1 recuperador de barras magnéticas		
1 gotero		
2 espátulas		
Manguera de vacío		
Papel Watman no. 41		

Experimentación

Preparación de soluciones

NH_3 50% (v/v), 25 mL

- 1) Medir en una probeta graduada 12.5 mL de NH_4OH .
- 2) Colocar en un vaso de precipitados 12.5 mL de agua destilada.
- 3) Adicionar el NH_4OH y mezclar.

EDTA 0.05 M, 50 mL

- 1) Realizar los cálculos para conocer la masa a pesar de EDTA.
- 2) Colocar en la estufa la sal disódica de EDTA (reactivo analítico) y calentar a 140°C por media hora.
- 3) Pesar la cantidad calculada de EDTA.
- 4) Disolver en agua y llevar al aforo con agua destilada en un matraz volumétrico de 50 mL.

NH₄NO₃ al 2%, 50 mL

- 1) Pesar 1 g de nitrato de amonio (reactivo analítico).
- 2) Disolver con agua y llevar al aforo con agua destilada en un matraz volumétrico de 50 mL.

KOH 0.25 M, 25 mL

- 1) Realizar los cálculos para conocer la masa a pesar de KOH.
- 2) Disolver la masa de KOH necesaria para la preparación de la solución y llevar al aforo con agua destilada en un matraz de 25 mL.

MgCl₂ 0.1 M, 50 mL

- 1) Realizar los cálculos para conocer la masa a pesar de MgCl₂.
- 2) Disolver la masa de MgCl₂ necesaria para la preparación de la solución y llevar al aforo con agua destilada en un matraz de 50 mL.

AlCl₃ 0.1 M, 50 mL

- 1) Realizar los cálculos para conocer la masa a pesar de AlCl₃.
- 2) Disolver la masa de AlCl₃ necesaria para la preparación de la solución y llevar al aforo con agua destilada en un matraz de 50 mL.

NOTA: para ésta práctica no es recomendable el uso del Al(NO₃)₃, debido a su baja solubilidad.

Calibración del potenciómetro

- 1) Calibrar con la solución de referencia de pH ajustando la lectura al pH del buffer correspondiente.
- 2) Dejarlo en “stand by” hasta el momento de tomar lecturas de pH.

Preparación de la mezcla

- 1) Verter en un vaso de precipitados de 100 mL, 20 mL de la solución de AlCl₃ y 20 mL de la solución de MgCl₂ de concentración 0.1 M. Usar una pipeta volumétrica de 0 mL para realizar las mediciones de volumen.
- 2) Agregar los volúmenes tomados a un vaso de precipitados de 100 mL.

Separación de Mg (II) y Al (III)

- 1) Agregar a la mezcla de Mg (II) y Al (III) 1.5 g de NH_4Cl y 1 o 2 gotas de rojo de metilo.
- 2) Calentar y agitar la mezcla, hasta que comience a desprender vapores.
- 3) Cuando la solución comience a ebulir, agregar gota a gota el NH_3 50% (V/V) en el centro de la solución.
- 4) Al momento en que la mezcla se torne de color amarillo, detener la adición de NH_3 50% (V/V). Registrar el volumen añadido.
- 5) Retirar del calentamiento y dejar enfriar por 2 minutos.
- 6) Filtrar a vacío con un embudo Buchner y papel Whatman no. 41.
- 7) Lavar el sólido obtenido con 10 mL de NH_4NO_3 al 2%, el líquido del lavado se junta con las aguas madres.
- 8) Medir con potenciómetro previamente calibrado el pH de las aguas madres (éste será el pH de separación).
- 9) Verter las aguas madres a un matraz volumétrico de 100 mL y llevar al aforo (solución final).
- 10) El sólido obtenido, $\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$, se guardará y etiquetará en un frasco ámbar.
- 11) Desechar el papel Whatman.

Determinación de la concentración de entrada del magnesio

- 1) Medir 5 mL de la solución inicial de MgCl_2 0.1 M y verter en un vaso de precipitados de 20 mL.
- 2) Agregar 500 mg de NH_4Cl .
- 3) Mediante el uso de un potenciómetro, monitorear el pH, añadir KOH 0.25 M para fijar el pH en 9.0.
- 4) Agregar una pequeña cantidad de negro de eriocromo T en base sólida hasta observar una ligera coloración rosada en el sistema.
- 5) Colocar en la bureta la solución estándar de EDTA 0.05 M y valorar la solución de Mg (II) hasta observar un cambio de color de rosa a azul.
- 6) Repetir tres veces la valoración.

Determinación de la concentración de salida del magnesio

- 1) Medir 5 mL de la solución final y verter en un vaso de precipitados de 20 mL.
- 2) Mediante el uso de un potenciómetro, monitorear el pH, añadir KOH 0.25 M para fijar el pH en 9.0.
- 3) Agregar una pequeña cantidad de negro de eriocromo T en base sólida hasta observar una ligera coloración rosada en el sistema.
- 4) Colocar en la bureta la solución estándar de EDTA 0.05 M y valorar la solución de Mg (II) hasta observar un cambio de color de rosa a azul.
- 5) Repetir tres veces la valoración.

Tratamiento de residuos

1) Ver el diagrama ecológico adjunto.

Tablas de resultados

Tabla para el registro de las cantidades pesadas de reactivos analíticos

Reactivo: KOH	
Volumen	25 mL
Concentración	0.25 M
Gramos de KOH calculados	_____g
Peso del vaso de precipitados	_____g
Cantidad real pesada de KOH	_____g
Concentración real	_____M

Reactivo: EDTA	
Volumen	50 mL
Concentración	0.05 M
Gramos de EDTA calculados	_____g
Peso del vaso de precipitados	_____g
Cantidad real pesada de EDTA	_____g
Concentración real	_____M

Reactivo: MgCl ₂	
Volumen	50 mL
Concentración	0.1 M
Gramos de MgCl ₂ calculados	_____g
Peso del vaso de precipitados	_____g
Cantidad real pesada de MgCl ₂	_____g

Reactivo: AlCl ₃	
Volumen	50 mL
Concentración	0.1 M
Gramos de Al (Cl) ₃ calculados	_____g
Peso del vaso de precipitados	_____g
Cantidad real pesada de AlCl ₃	_____g

Resultados de la separación de los iones metálicos

Catión filtrado	pH de separación	Volumen de NH ₃ agregado
Mg (II)		_____mL

Resultados obtenidos de la valoración de la concentración de entrada de Mg (II)

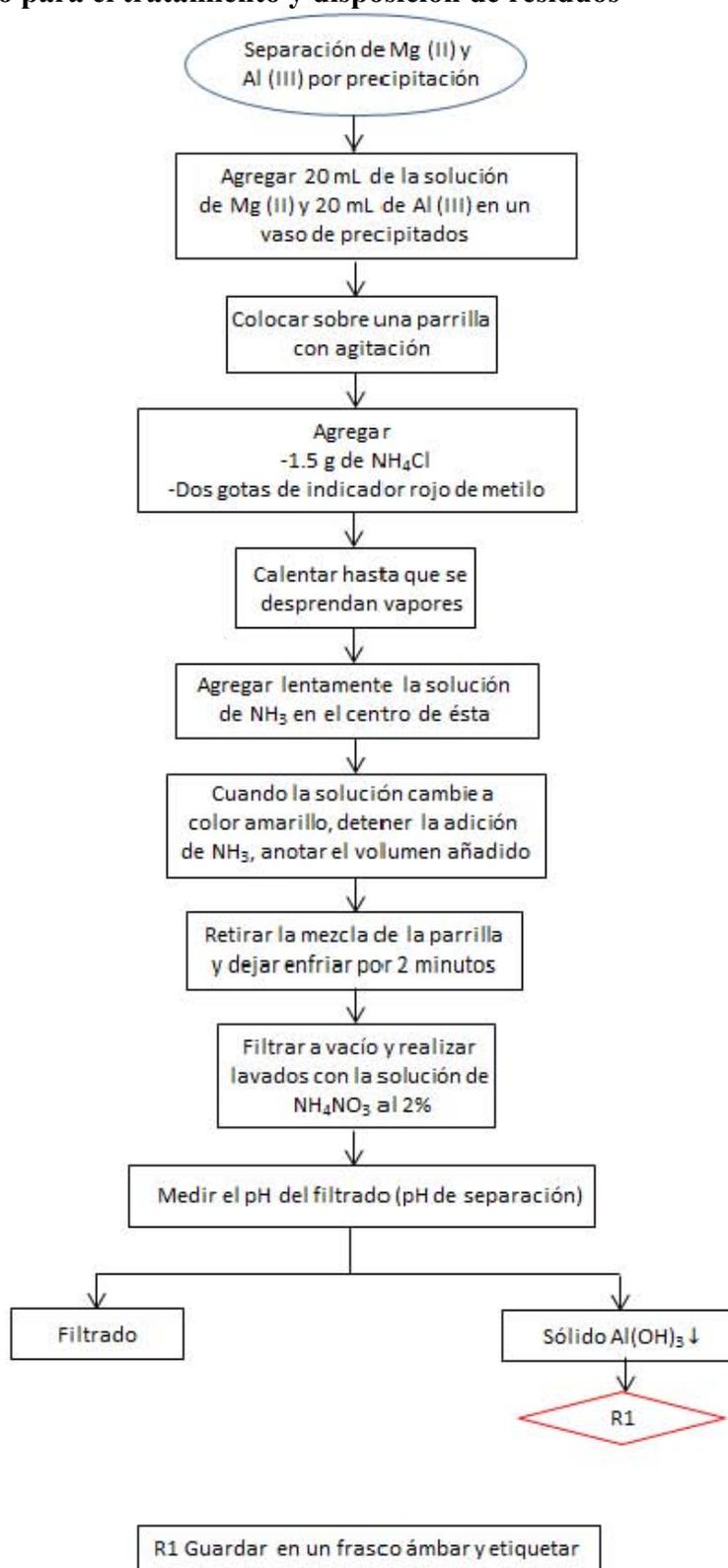
V alícuota de Mg (II)	5 mL
-----------------------	------

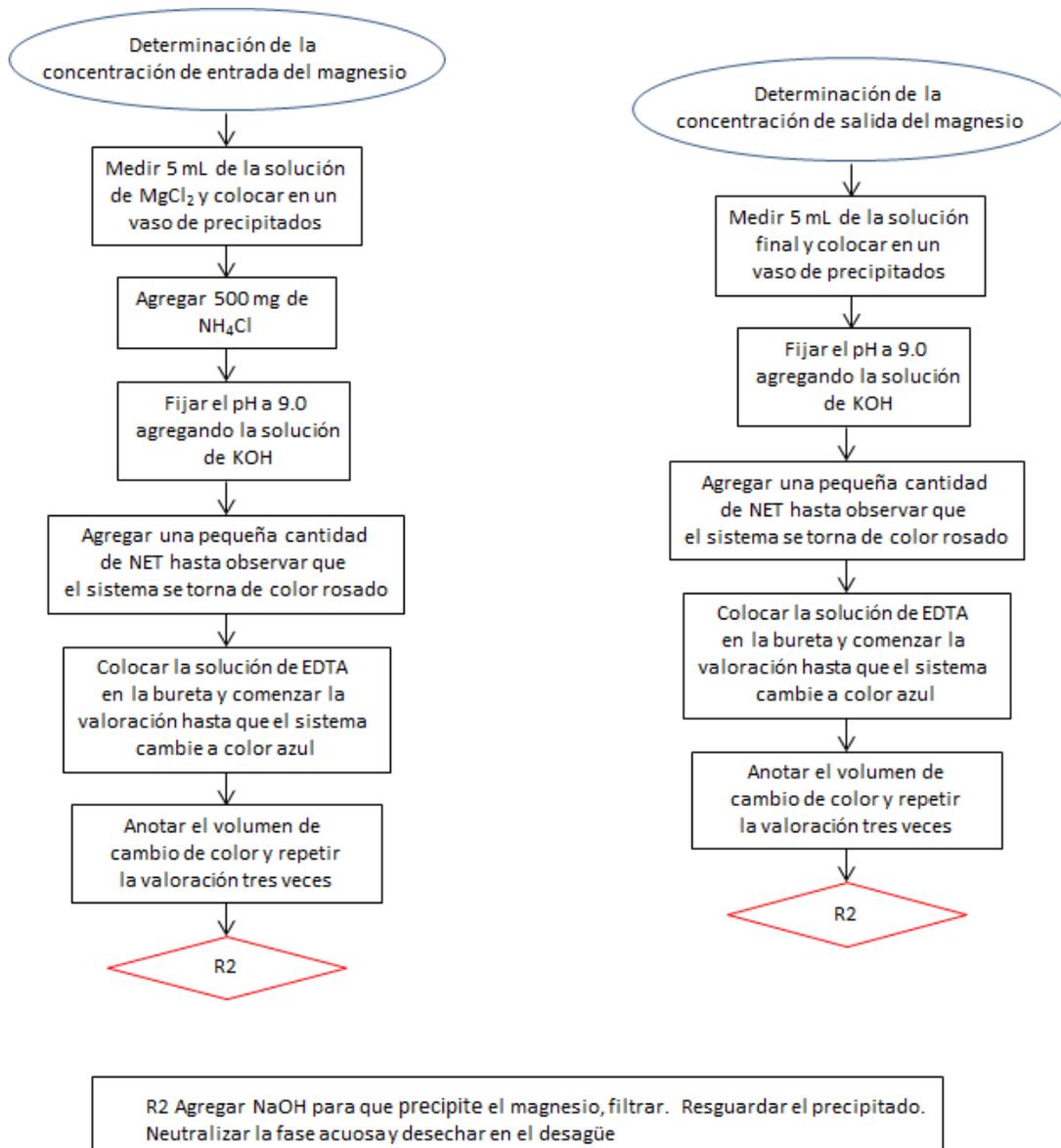
[EDTA]	M	
Indicador químico	NET	
	Volumen de punto de equivalencia (mL)	pH (después de la valoración)
Determinación 1		
Determinación 2		
Determinación 3		

Resultados obtenidos de la valoración de la concentración de salida (solución final) de Mg
(II)

V alícuota de Mg (II)	5 mL	
[EDTA]	M	
Indicador químico	NET	
	Volumen de punto de equivalencia (mL)	pH (después de la valoración)
Determinación 1		
Determinación 2		
Determinación 3		

Diagrama ecológico para el tratamiento y disposición de residuos





Puntos mínimos para la elaboración de informe

1. Presentar todas las cantidades de los reactivos utilizados, en gramos y sus especificaciones de pureza, masa molar y volumen de aforo.
2. Con base en el capítulo 9 del libro Análisis químico cuantitativo, Daniel C. Harris, enfatizar cuál de las soluciones usadas en la práctica se consideran patrón primario y porqué.
3. A través de una escala de pMg, deducir la reacción de valoración.
4. Proponer el intervalo de pH en el cual la precipitación sea del 98% para cada ion metálico, mientras que el otro ion metálico sólo haya precipitado en un 2 %.

5. De acuerdo con el pH del filtrado, explicar mediante los diagramas de solubilidad (forma logarítmica) si está justificada la separación química.
6. Proponer la ecuación química del proceso de precipitación que ocurrió al pH del filtrado y calcular la constante condicional de precipitación.
7. Calcular el porcentaje de precipitación para el Al (III)
8. Para la reacción de valoración al pH experimental, expresar:
 - a. La ecuación química representativa.
 - b. El valor de la constante bicondicional.
 - c. El porcentaje de conversión en la condición estequiométrica.
9. Con los datos de la valoración del magnesio, calcular el porcentaje de recuperación del magnesio filtrado.

Bibliografía

- Burriel F. (1998) Química analítica cualitativa (18 ed.) España Parainfo Thompson
- Glenn H.B., Eugene M.S. (1967), Química cuantitativa Reverté España
- Harris D.C. (2002) Análisis químico cuantitativo (2 ed.) España
- Laitinen H.A., Walter E.H. (1986) Análisis químico España Reverté
- Martell E., Smith R. (1989) Critical stability constants (Vol. 6) USA Plenum Press
- Pickering W.F. (1980) Química analítica moderna España Reverté

Anexos

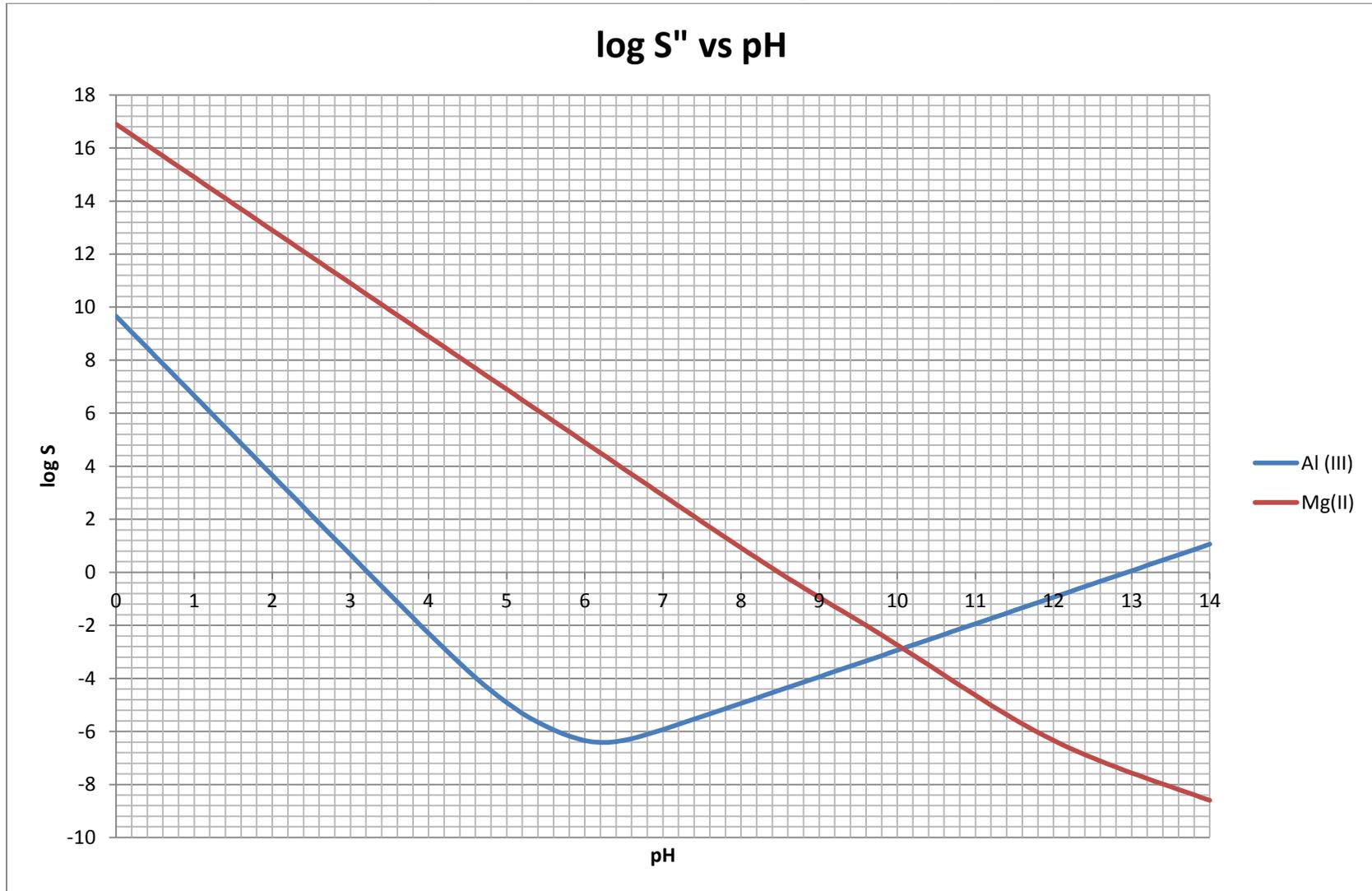
Tabla 1. Datos del indicador rojo de metilo

Indicador	Intervalo de transición (pH)	Color del ácido	Color de la base
Rojo de metilo	4.8 – 6.0	Rojo	Amarillo

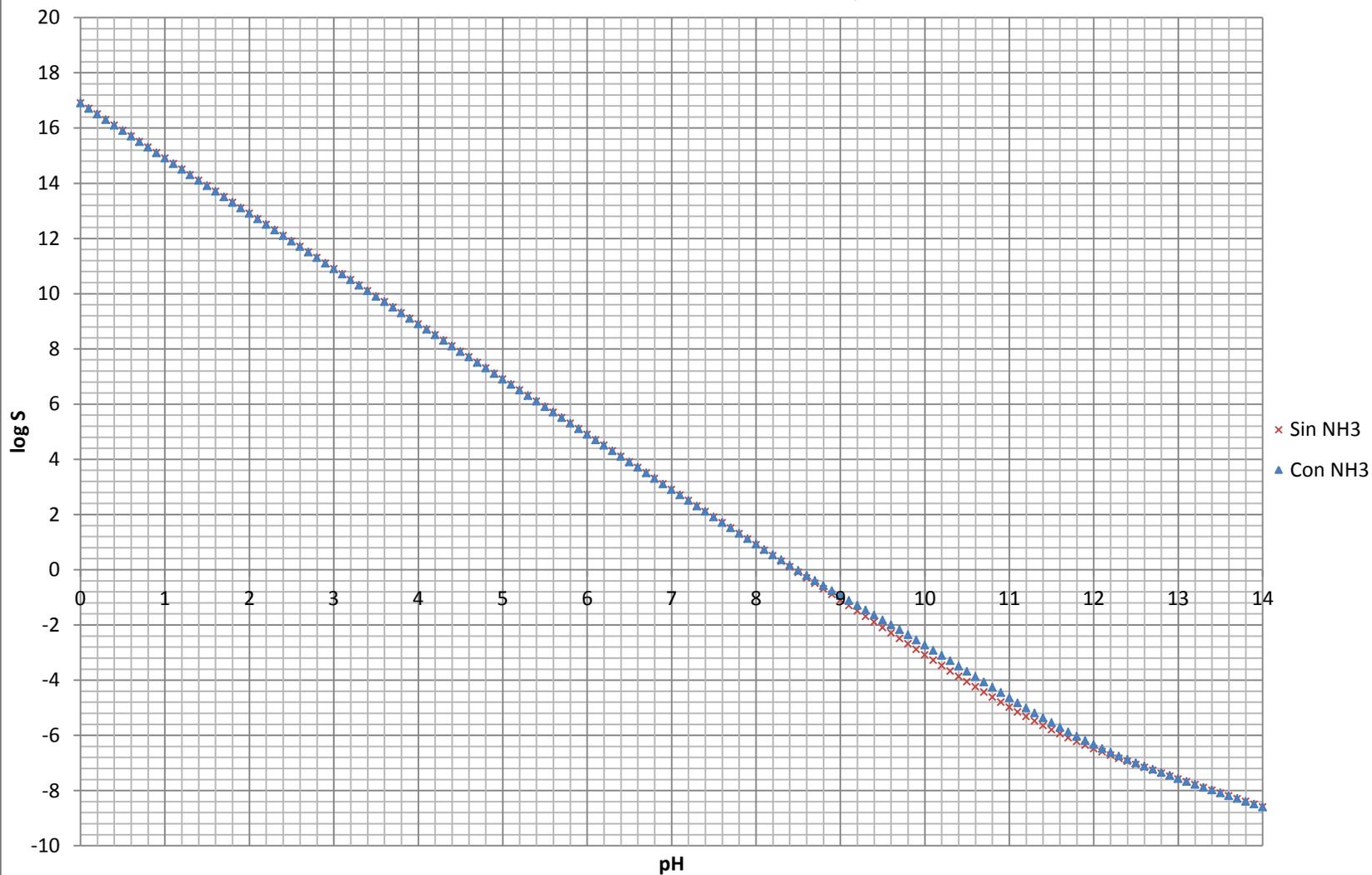
Preparación:

Disolver 0.02 g de rojo de metilo en 60 mL de etanol. Añadir 40 mL de agua

Diagrama logarítmico de solubilidad para Al (III) y Mg (II)



log S vs pH para Mg (II), en un medio amortiguado con NH₃ y pH, y sin amortiguamiento



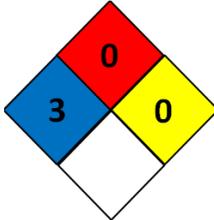


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA
HOJA DE SEGURIDAD



Nombre: Ácido clorhídrico

Sinónimos: Ácido muriático, cloruro de hidrógeno (cuando es gaseoso), ácido hidroclórico, espíritus de sal

Propiedades físicas y químicas		Código NFPA	Identificación de riesgos
Fórmula química: HCl Peso molecular: 36.453 g/mol Apariencia física: Líquido incoloro o amarillento con desprendimiento de vapores Olor: Penetrante e irritante Solubilidad: Soluble en agua, alcoholes, éter y benceno Gravedad específica: 1.184 Punto de ebullición: 50 °C @ 760 mmHg Punto de fusión: -66 °C		 Sustancias corrosivas	
Efectos para la salud		Primeros auxilios	
Inhalación: irritación nasal, quemaduras, tos y sofocación Ingestión: quemaduras en el sistema digestivo, dificultad para comer, vómito, diarrea Contacto con los ojos: irritación, enrojecimiento, dolor, lagrimeo excesivo Contacto con la piel: inflamación, enrojecimiento, dolor y quemaduras	Inhalación: administrar respiración artificial si no respira, suministrar oxígeno, abrigar y mantener en reposo a la víctima, buscar atención médica Ingestión: lavar la boca con agua, no inducir el vómito, si hay vómito inclinar a la víctima hacia enfrente, buscar ayuda médica Contacto con los ojos: lavar con agua por 15 minutos, elevando los párpados para remover el químico. Si hay irritación, acudir al médico. Contacto con la piel: lavar la zona afectada con agua y jabón, por 15 minutos, buscar ayuda médica		
Estabilidad y reactividad		Protección personal	
Estabilidad: estable bajo condiciones normales, es sensible a la luz solar Incompatibilidades: agentes oxidantes, reductores, bases fuertes y metales Condiciones a evitar: calor, luz solar e incompatibles Productos de descomposición: vapores de hidrógeno	Sistema de ventilación: ventilación local y general Respiradores personales: respiradores con filtro para vapores ácidos Protección de la piel: guantes, overol y botas Protección de los ojos: gafas resistentes a los químicos y con protección lateral		
Medidas para extinción de incendios		Control de exposición	
Fuego: no es inflamable, pero al contacto con metales libera hidrógeno el cual es inflamable Medios de extinción de incendios: en caso de grandes incendios, usar agua en rocío o espuma resistente al alcohol	No establecido		
Manejo y almacenamiento		Información toxicológica	
Almacenar en lugares ventilados, secos, alejar de fuentes de calor e ignición y de los rayos solares	LC50 inhalación ratones: 1108 ppm/1 hora CL50 inhalación ratas: 3124 ppm/1 hora DL50 oral conejos: 900 mg/kg		

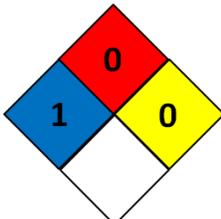


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA
HOJA DE SEGURIDAD



Nombre: Ácido etilendiamino tetraacético

Sinónimos: EDTA, ácido etilendiamino tetraacético sal disódica

Propiedades físicas y químicas		Código NFPA	Identificación de riesgos
Fórmula química: $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$ Peso molecular: 372.24 g/mol Apariencia física: Cristales blancos Olor: Inodoro Solubilidad en agua: 10 g/ 100 mL Densidad relativa: N/D Punto de ebullición: N/D Punto de fusión: Se descompone a 252 °C		 Sustancias irritantes	
Efectos para la salud		Primeros auxilios	
Inhalación: Irritación de las vías respiratorias. Ingestión: Irritación en el tracto digestivo, puede causar alergia. Contacto con los ojos: Irritación. Contacto con la piel: Irritación.	Inhalación: llevar a la víctima a un lugar fresco, obtener atención médica. Ingestión: Beber agua o leche, buscar ayuda médica. Contacto con los ojos: lavar con agua por 15 minutos, elevando los párpados para remover el químico. Si hay irritación, acudir al médico. Contacto con la piel: lavar por 15 minutos con agua y jabón, lavar ropa contaminada antes de usarla, buscar ayuda médica.		
Estabilidad y reactividad		Protección personal	
Estabilidad: Estable Incompatibilidades: Agentes oxidantes fuertes Condiciones a evitar: Polvo, exceso de calor Productos de descomposición: Óxidos nitrosos, óxidos de carbono	Sistema de ventilación: ventilación local y/o general Respiradores personales: Usar respirador de partículas. Protección de la piel: Guantes de protección y ropa que cubra completamente la piel Protección de los ojos: Usar gafas, tener sistema de lavado de ojos y regadera.		
Medidas para extinción de incendios		Control de exposición	
Fuego: N/D Explosión: N/D Medios de extinción de incendios: Este químico no es combustible.	No establecido		
Manejo y almacenamiento		Información toxicológica	
Almacenar en un lugar ventilado y etiquetarlo debidamente.	DL50 oral en ratas: 1658 mg/kg DL50 cutáneo ratas: > 2000 mg/kg		



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA
HOJA DE SEGURIDAD



Nombre: Cloruro de aluminio

Sinónimos: Tricloruro de aluminio, cloruro de aluminio anhidro, tricloro aluminio

Propiedades físicas y químicas		Código NFPA	Identificación de riesgos
Fórmula química: $AlCl_3$ Peso molecular: 133.34 g/mol Apariencia física: Polvo blanco, gris o amarillo Olor: Fuerte olor a cloruro de hidrógeno Solubilidad: Reacciona violentamente con agua Densidad: 2.44 g/cm ³ @25 °C Punto de ebullición: 183 °C Punto de fusión: 178 °C			
Efectos para la salud		Primeros auxilios	
Inhalación: irritación en el tracto respiratorio, dolor de garganta, tos y dificultad para respirar Ingestión: quemaduras, malestar estomacal, dolor abdominal, náuseas, vómito, diarrea. Contacto con los ojos: El contacto con los ojos puede causar dolor intenso, visión borrosa, y el daño tisular. Contacto con la piel: Puede causar irritación o quemaduras con enrojecimiento y dolor.	Inhalación: Sacar a la víctima al aire fresco. Si no respira, dar respiración artificial. Si la respiración es difícil, dar oxígeno. Obtener atención médica. Ingestión: No provocar el vómito. Dar grandes cantidades de agua. Atención médica Contacto con los ojos: lavar con agua por 15 minutos, elevando los párpados para remover el químico. Si hay irritación, acudir al médico. Contacto con la piel: Lavar la piel inmediatamente con abundante agua durante al menos 15 minutos. Quítese la ropa y zapatos contaminados. Obtener atención médica.		
Estabilidad y reactividad		Protección personal	
Estabilidad: Inestable con calor. Incompatibilidades: agua, aire húmedo, calor, óxido de sodio, óxido de etileno, nitrometano. Condiciones a evitar: humedad y luz solar. Productos de descomposición: óxidos del metal, ácido de hidrógeno, hidrógeno.	Sistema de ventilación: ventilación local y/o general, extracción de aire. Respiradores personales: respirador de media cara con un cartucho para gases ácidos y partículas puede ser usado hasta por diez veces el límite de exposición Protección de la piel: Usar ropa protectora impermeable, incluyendo botas, guantes, bata de laboratorio, delantal o monos. Protección de los ojos: Mantenga una fuente de lavado de ojos y regaderas de emergencia en el área de trabajo. Utilice gafas protectoras contra productos químicos y/o careta completa		
Medidas para extinción de incendios		Control de exposición	
Fuego: No combustible, pero puede reaccionar lentamente en un incendio. Explosión: No explosivo, pero la reacción violenta será el resultado de las corrientes de contacto con el agua en grandes cantidades. Medios de extinción de incendios: Polvo químico seco, dióxido de carbono o espuma. No use agua.	Threshold Limit Value (TLV): 2 mg/m ³		
Manejo y almacenamiento		Información toxicológica	
Mantener en un recipiente hermético, almacenar en un lugar fresco, seco y ventilado. Proteger de daño físico, aislar de fuentes de calor y humedad.	DL50 oral en ratas: 3450 mg / kg CL50 oral ratón: 1130 mg / kg LD50 piel de conejos: > 2000 mg / kg		



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA
HOJA DE SEGURIDAD



Nombre: Cloruro de amonio

Sinónimos: Sal amónica, sal de amonio, sal de amoniaco, muriato de amonio, daramon, amclor

Propiedades físicas y químicas		Código NFPA	Identificación de riesgos
Fórmula química: NH ₄ Cl Peso molecular: 53.453 g/mol Apariencia física: Cristales incoloros o blancos, de aspecto granular, inodoros e higroscópicos Solubilidad: Soluble en agua, amoniaco líquido, metanol, etanol y glicerol. Insoluble en éter y acetato de etilo. Gravedad específica: 1.5274 @ 25 °C Punto de ebullición: 520 °C Punto de fusión: Sublima a 340 °C		<p>Sustancias irritantes</p>	
Efectos para la salud		Primeros auxilios	
Inhalación: Irritación de la nariz, garganta y pulmones. Dolor de garganta y tos. Ingestión: Irritación de nariz y garganta. Por ingestión de grandes dosis causa nauseas, vómito. Contacto con los ojos: Irritación, enrojecimiento y dolor. Contacto con la piel: Irritación y enrojecimiento.		Inhalación: Sacar a la víctima al aire fresco. Si no respira, dar respiración artificial. Obtener atención médica. Ingestión: Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua. No inducir el vómito. Atención médica Contacto con los ojos: lavar con agua por 15 minutos, elevando los párpados para remover el químico. Si hay irritación, acudir al médico. Contacto con la piel: retirar ropa y calzado, lavar con agua, y jabón, atención médica	
Estabilidad y reactividad		Protección personal	
Estabilidad: Estable bajo condiciones normales Incompatibilidades: Ácidos y bases fuertes, agentes oxidantes fuertes como cloratos (clorato de potasio), tricloruro, trifluoruro y pentafluoruro de bromo, sales de plata, nitritos y nitratos (nitrato de amonio).		Sistema de ventilación: ventilación local y/o general. Respiradores personales: máscara con filtro para polvos Protección de la piel: Usar ropa protectora impermeable, incluyendo botas, guantes, bata de laboratorio, delantal o monos. Protección de los ojos: Mantenga una fuente de lavado de ojos y regaderas de emergencia en el área de trabajo. Utilice gafas protectoras contra productos químicos y/o careta completa	
Medidas para extinción de incendios		Control de exposición	
Fuego: No combustible, se vaporiza al calentar. Explosión: alejar de fuentes de calor y superficies calientes Medios de extinción de incendios: Polvo químico seco, dióxido de carbono o espuma		TWA: 10 mg/m ³ ; STEL: 20 mg/m ³	
Información toxicológica		Manejo y almacenamiento	
DL50 oral en ratas: 1300-1560 mg/kg.		Lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor e ignición. Separado de materiales incompatibles. Separar los recipientes de ácidos, álcalis, sales de plata, nitrato de amonio y clorato de potasio. Los contenedores deben ser resistentes a la corrosión	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA
HOJA DE SEGURIDAD



Nombre: Cloruro de magnesio

Sinónimos: Cloruro de magnesio hexahidratado

Propiedades físicas y químicas		Código NFPA	Identificación de riesgos
Fórmula química: MgCl ₂ 6H ₂ O Peso molecular: 203.3 g/mol Apariencia física: Cristales color blanco Olor: Inodoro Solubilidad en agua: 2.350 g / L (@ 20 ° C) Densidad: 1569 kg/m ³ Punto de ebullición: N/A Punto de fusión: 118 ° C			
Efectos para la salud		Primeros auxilios	
Inhalación: irritación de membranas mucosas Ingestión: efecto laxante Contacto con los ojos: irritación y ardor Contacto con la piel: hinchazón y úlceras	Inhalación: aire fresco, si no respira suministrar oxígeno, obtener atención médica. Ingestión: beber agua para diluir químico, obtener atención médica. Contacto con los ojos: lavar con agua por 15 minutos, elevando los párpados para remover el químico. Si hay irritación, acudir al médico. Contacto con la piel: lavar por 15 minutos con agua, lavar ropa contaminada antes de usarla, buscar ayuda médica si hay irritación.		
Estabilidad y reactividad		Protección personal	
Estabilidad: Estable Incompatibilidades: Ácido furano-2-peroxicarboxílico, oxidantes fuertes. Condiciones a evitar: Materiales incompatibles. Productos de descomposición: Cuando se calienta arriba de 300°C se emiten humos tóxicos de gas clorinado. Vapores de ácido clorhídrico.	Sistema de ventilación: ventilación local y/o general Respiradores personales: mascarillas con cartuchos para polvos, respiradores autónomos Protección de la piel: guantes de neopreno, botas de hule, pechera de vinilo Protección de los ojos: gafas de protección		
Medidas para extinción de incendios		Control de exposición	
Medios de extinción de incendios: niebla de agua	No establecido		
Manejo y almacenamiento		Información toxicológica	
Conservar en seco, bien ventilado, fresco y lejos de sustancias incompatibles. Mantener lejos del agua.		DL50 oral en ratas: 8100 mg/kg	

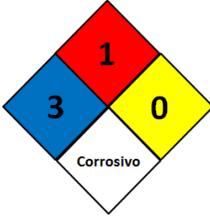


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA
HOJA DE SEGURIDAD



Nombre: Hidróxido de amonio

Sinónimos: Agua amonia

Propiedades físicas y químicas		Código NFPA	Identificación de riesgos
Fórmula química: NH ₄ OH Peso molecular: 35.05 g/mol Apariencia física: Líquido incoloro Olor: Irritante Solubilidad en agua: 89.9 g/100ml a 0°C, 7.4 g/ml a 100°C. Densidad: 0.89 – 0.9 g/cm ₃ (@ 15 °C) Punto de ebullición: 36 °C Punto de fusión: -72 °C		 Sustancias corrosivas	
Efectos para la salud		Primeros auxilios	
Inhalación: irritación de vías respiratorias, broncoespasmos, dificultad para respirar Ingestión: quemaduras del tracto digestivo Contacto con los ojos: irritación, quemaduras Contacto con la piel: quemaduras con ampollas	Inhalación: llevar a la víctima a un lugar fresco, mantener en reposo en posición de semi sentado, obtener atención médica Ingestión: aire fresco, abrigar a la víctima, obtener ayuda médica Contacto con los ojos: lavar con agua por 15 minutos. Si hay irritación, acudir al médico. Contacto con la piel: lavar con agua y jabón, lavar ropa contaminada, vendar quemaduras y mantenerlas húmedas, buscar ayuda médica.		
Estabilidad y reactividad		Protección personal	
Estabilidad: Estable bajo condiciones normales Incompatibilidades: Cl, Hg, ácidos, oxidantes fuertes, Br, I, Zn, Al, Ag, Pt Condiciones a evitar: reaccionantes con agua habituales Productos de descomposición: N y H a temperaturas de 450 °C	Sistema de ventilación: ventilación local y/o general Respiradores personales: respirador con filtro para amoniaco Protección de la piel: traje que proteja la piel Protección de los ojos: gafas de seguridad		
Medidas para extinción de incendios		Control de exposición	
Fuego: No combustible Explosión: los contenedores pueden explotar si se exponen al calor Medios de extinción de incendios: polvo químico seco, CO ₂ o espuma.	No establecido		
Información toxicológica		Manejo y almacenamiento	
DL50 oral en ratas: 273 mg / kg	Mantenga el recipiente bien cerrado. Mantenga el recipiente en lugar fresco y bien ventilado. No almacenar por encima de 25 °C. Evitar el contacto directo con este reactivo por los vapores que desprende. Alejar de todas las sustancias incompatibles.		

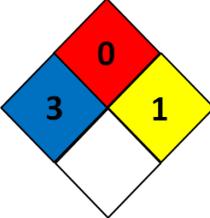


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA
HOJA DE SEGURIDAD



Nombre: Hidróxido de potasio

Sinónimos: Potasa cáustica, lejía.

Propiedades físicas y químicas	Código NFPA	Identificación de riesgos
<p>Fórmula química: KOH Peso molecular: 56.102 g/mol Apariencia física: Sólido blanco o amarillo, apariencia cristalina Olor: Inodoro Solubilidad: > 10% en agua, soluble en alcohol y glicerina Densidad relativa: 2.044 Punto de ebullición: 1370 °C Punto de fusión: 360 °C</p>		 Sustancias corrosivas
Efectos para la salud	Primeros auxilios	
<p>Inhalación: Tos, sofocación, dolor en nariz, boca y garganta, quemaduras. Ingestión: Quemaduras en tracto digestivo, vómito con sangre y mucosa, dolor abdominal Contacto con los ojos: Dolor y quemaduras. Contacto con la piel: Irritación, ulceración, quemaduras y dolor.</p>	<p>Inhalación: llevar a la víctima a un lugar fresco, obtener atención médica. Ingestión: lavar la boca con agua, no inducir vómito, buscar atención médica. Contacto con los ojos: lavar con agua por 15 minutos, elevando los párpados para remover el químico. Si hay irritación, acudir al médico. Contacto con la piel: lavar por 15 minutos con agua y jabón, lavar ropa contaminada antes de usarla, buscar ayuda médica.</p>	
Estabilidad y reactividad	Protección personal	
<p>Estabilidad: Estable Incompatibilidades: Agua en grandes cantidades Condiciones a evitar: Agua, ácidos fuertes, metales, materiales combustibles, materiales orgánicos, Zn, Al, Sn, CO₂, organohalógenados, anhídrido maléico. Productos de descomposición: Hidrógeno.</p>	<p>Sistema de ventilación: ventilación local y/o general Respiradores personales: protector facial de 20 cm de espesor, respirador contra polvos. Protección de la piel: guantes, overol, de caucho de butilo, caucho natural, neopreno, PVC, nitrilo, SBR. Protección de los ojos: gafas de seguridad a prueba de polvo.</p>	
Medidas para extinción de incendios	Control de exposición	
<p>Fuego: la combustión produce hidrógeno y óxido de potasio Explosión: evitar calor y humedad. Medios de extinción de incendios: polvo químico, CO₂, halón, agua en forma de neblina, espuma.</p>	<p>No establecido</p>	
Manejo y almacenamiento	Información toxicológica	
<p>Almacenar en lugares frescos, ventilados y secos, temperaturas menores a 360°C</p>	<p>DL50 oral en ratas: 273 mg/kg DL50 oral rata macho: 365 mg/kg LD50 piel de conejos: 5 mg/24 horas</p>	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA
HOJA DE SEGURIDAD



Nombre: Negro de eriocromo T

Sinónimos: Negro ericromo, sal de monosódica, 3 hidroxí-4-[(1-hidroxí-2naftalenilo)azo]-7 nitro.

Propiedades físicas y químicas		Código NFPA	Identificación de riesgos
Fórmula química: C ₂₀ H ₁₂ N ₃ NaO ₇ S Peso molecular: 461.38 g/mol Apariencia física: Polvo negro Olor: Sin olor Solubilidad: Solubilidad moderada Densidad: N/D Punto de ebullición: N/D Punto de fusión: N/D		 Sustancias irritantes	
Efectos para la salud		Primeros auxilios	
Inhalación: Puede causar irritación en el tracto respiratorio. Ingestión: Puede provocar irritación en el tracto gastrointestinal. Contacto con los ojos: Puede provocar irritación. Contacto con la piel: Puede causar irritación, los síntomas pueden ser enrojecimiento y dolor.	Inhalación: llevar a la víctima a un lugar fresco, obtener atención médica. Ingestión: Lavar la boca con abundante agua, dar a beber de 3 a 4 vasos con agua, induzca el vómito. Buscar atención médica. Contacto con los ojos: lavar con agua por 15 minutos, elevando los párpados para remover el químico. Si hay irritación, acudir al médico. Contacto con la piel: lavar por 5 minutos con agua, lavar ropa contaminada antes de usarla, buscar ayuda médica si hay irritación.		
Estabilidad y reactividad		Protección personal	
Estabilidad: Estable bajo condiciones normales de uso y almacenamiento. Incompatibilidades: Agentes oxidantes fuertes, agentes reductores fuertes, litio, bromo trifluoruro, hierro. Condiciones a evitar: calor y fuentes de ignición. Productos de descomposición: Monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, cloro y óxido de sodio.	Sistema de ventilación: ventilación local y/o general Respiradores personales: Utilizar un respirador con filtros aprobados por NIOSH. Protección de la piel: Utilizar guantes resistentes a reactivos químicos fabricados con neopreno u otros materiales característicos. Protección de los ojos: Utilizar gafas con mica clara y protección lateral.		
Medidas para extinción de incendios		Control de exposición	
Medios de extinción de incendios: agua, polvo químico seco, espuma o dióxido de carbono.	No establecido		
Manejo y almacenamiento		Información toxicológica	
Almacenar en un lugar seco y ventilado. Almacenar entre 15°C y 25°C. Colocar lejos de materiales incompatibles.	DL50 oral en ratas: 17590 mg/ kg CL50 inhalación ratas: N/D LD50 piel de conejos: N/D		



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA
HOJA DE SEGURIDAD



Nombre: Nitrato de amonio

Sinónimos: Sal amónica del ácido nítrico

Propiedades físicas y químicas		Código NFPA	Identificación de riesgos
Fórmula química: NH_4NO_3 Peso molecular: 80.1 g/mol Apariencia física: Sólido blanco o incoloro, higroscópico Olor: Inodoro Solubilidad en agua: 190 g/ 100 mL (@ 20 °C) Densidad: 1.7 g/cm ₃ Punto de ebullición: Se descompone debajo de 210 °C Punto de fusión: 170 °C			
Efectos para la salud		Primeros auxilios	
Inhalación: tos, dolor de cabeza, dolor de garganta Ingestión: dolor abdominal, uñas, labios y piel azulados, convulsiones, diarrea, vómito, vértigos, debilidad Contacto con los ojos: enrojecimiento, dolor. Contacto con la piel: enrojecimiento	Inhalación: llevar a la víctima a un lugar fresco, obtener atención médica. Ingestión: beber abundante agua, no inducir vómito, buscar atención médica. Contacto con los ojos: lavar con agua. Si hay irritación, acudir al médico. Contacto con la piel: lavar con agua y jabón, lavar ropa contaminada, buscar ayuda médica.		
Estabilidad y reactividad		Protección personal	
Estabilidad: Estable bajo condiciones normales, higroscópico Incompatibilidades: Al, Sb, Cu, Cr, Fe, Pb, Mg, Mn, Ni, Zn, petróleo, carbón, materia orgánica, ácido acético, cloruro de amonio, Bi, Cd, cloruros, Co, K, P, sulfato de amonio, hipoclorito de sodio, perclorato de sodio, Na, sulfuros. Condiciones a evitar: calor, fuentes de ignición, polvo, incompatibles Productos de descomposición: emite óxidos de nitrógeno al calentarse, libera amoniaco al reaccionar con bases fuertes, humedad, materiales combustibles.	Sistema de ventilación: ventilación local y/o general Respiradores personales: protección contra polvos, mascarillas. Protección de la piel: guantes Protección de los ojos: gafas de seguridad		
Medidas para extinción de incendios		Control de exposición	
Fuego: No combustible, pero facilita la combustión de otras sustancias Explosión: riesgo de incendio y explosión bajo aislamiento y temperaturas elevadas Medios de extinción de incendios: agua	No establecido		
Manejo y almacenamiento		Información toxicológica	
Frasco cerrado, separado de sustancias combustibles y reductoras. Sensible al choque.		DL50 oral en ratas: 2217 mg/kg	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA
HOJA DE SEGURIDAD



Nombre: Rojo de metilo

Sinónimos: Rojo de metilo en solución, rojo de metilo indicador en solución, rojo de metilo, sal de sodio en solución.

Propiedades físicas y químicas		Código NFPA	Identificación de riesgos
Fórmula química: $C_{15}H_{15}N_3O_2$ Peso molecular: 269 g/mol Apariencia física: Polvo color violeta oscuro Olor: N/D Solubilidad: Soluble en etanol Densidad: 0.989 g/cm ³ Punto de ebullición: N/D Punto de fusión: 179 – 182 °C		 Sustancias irritantes	
Efectos para la salud		Primeros auxilios	
Inhalación: irritación en el tracto respiratorio Ingestión: irritación en el tracto digestivo Contacto con los ojos: irritación Contacto con la piel: irritación	Inhalación: llevar a la víctima a un lugar fresco, obtener atención médica. Ingestión: lavar la boca con agua, no inducir vómito, buscar atención médica. Contacto con los ojos: lavar con agua. Si hay irritación, acudir al médico. Contacto con la piel: lavar con agua y jabón, lavar ropa contaminada antes de usarla, buscar ayuda médica.		
Estabilidad y reactividad		Protección personal	
Estabilidad: Estable bajo condiciones normales Incompatibilidades: agentes oxidantes fuertes Condiciones a evitar: N/D Productos de descomposición: óxidos de carbono y nitrógeno	Sistema de ventilación: ventilación local y/o general Respiradores personales: no requerido Protección de la piel: guantes Protección de los ojos: gafas de seguridad		
Medidas para extinción de incendios		Control de exposición	
Medios de extinción de incendios: agua pulverizada, espuma resistente al alcohol, polvo seco o dióxido de carbono	No establecido		
Manejo y almacenamiento		Información toxicológica	
Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado. Conservar en un lugar seco.	DL50 oral en ratas: N/D CL50 inhalación ratas: N/D LD50 piel de conejos: N/D		

III. REACCIONES SIMULTÁNEAS DE ÁCIDO-BASE, PRECIPITACIÓN Y FORMACIÓN DE COMPLEJOS

Ubicación de la práctica dentro del programa teórico de la asignatura

La siguiente práctica propuesta, se relaciona al punto 2.3 de la unidad número 2 del programa plan 2012, marcado con el título “Mezclas entre un ion metálico y EDTA a un pH impuesto”.

Práctica propuesta:

Determinación espectrofotométrica de Cu (II) con EDTA en un medio de doble amortiguamiento: pH y pGlicina

Objetivos de la práctica

- Cuantificar Cu (II) en una solución problema, mediante una valoración espectrofotométrica usando EDTA como titulante en medio amortiguado de pH y pGlicina
- Conocer la utilidad que tiene la adición de un agente complejante en la modificación de la solubilidad condicional a través del diagrama logarítmico en función del pH a un pGlicina constante.

Introducción

En esta práctica experimental se conocerá el concepto de agente complejante, como modificador del pH de precipitación de un hidróxido metálico al aumentar el pH. Algunos agentes complejantes son amoníaco, acetato, glicina, tartrato, entre otros; estos agentes complejantes deben encontrarse en mayor concentración comparado con la del ion metálico.

El agente complejante ha de unirse al metal con la suficiente fuerza para impedir que precipite como hidróxido metálico, pero la constante de formación del complejo metal-agente complejante debe ser menor que la del metal-EDTA, para que éste pueda ceder el metal al EDTA. Esto es, el complejo metal-complejante debe ser menos estable que el metal-EDTA.

Debido a que este tipo de valoraciones se pueden seguir espectrofotométricamente, la selección de la longitud de onda adecuada para llevarla a cabo es importante.

Para conocer la longitud de onda adecuada para llevar a cabo la valoración espectrofotométrica se hará uso del gráfico 1, el cual aparecen los espectros de absorción de los complejos formados de cobre con EDTA y cobre con glicina, a un pH=9.5.

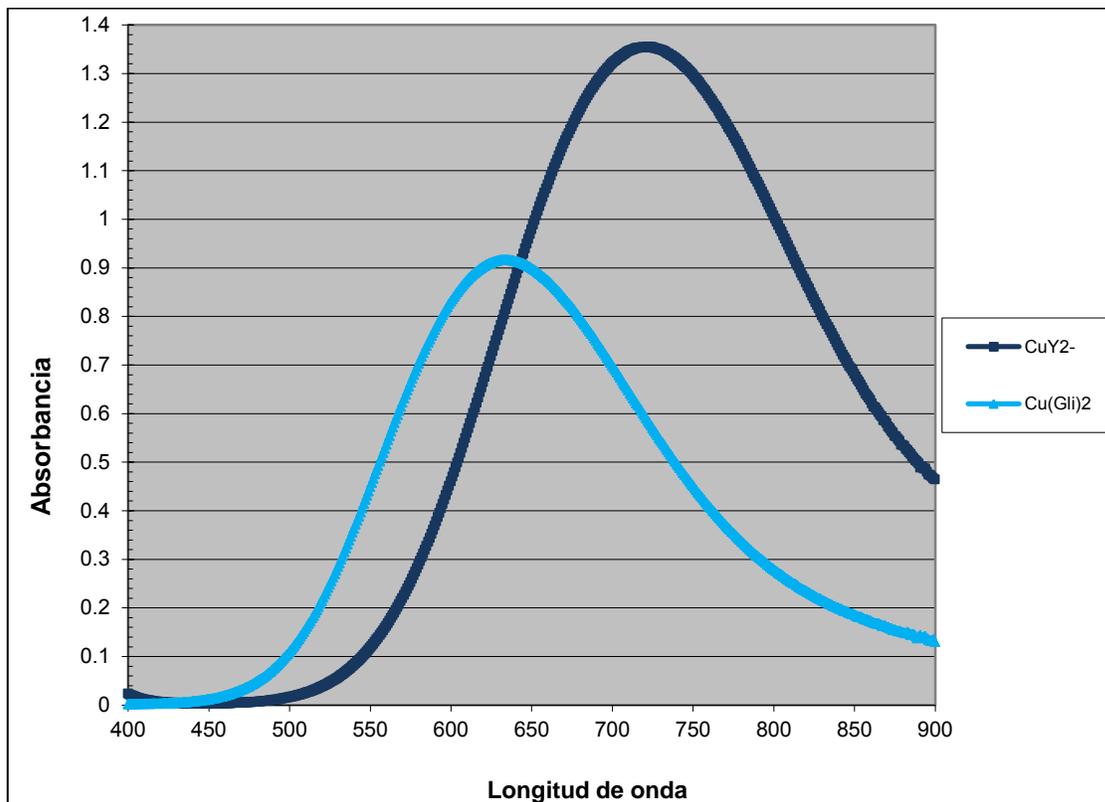


Gráfico 1. Espectros de absorción $\text{CuY}^{2-} 0.02 \text{ M}$ y $\text{Cu}(\text{Gli})_2 0.02 \text{ M}$ en una solución amortiguadora de glicina a un $\text{pH}=9.5$ y $\text{pGli}^- = 0.3979$
 Mediciones realizadas con dos celdas de vidrio, con longitud de paso óptico de 1 cm

En el espectro de absorción se observa que el máximo de absorbancia es en $\lambda = 720 \text{ nm}$, a este valor de longitud es posible apreciar el cambio de pendiente que permite determinar el volumen del punto de equivalencia en la valoración, pero excede el rango de lectura de los espectrofotómetros usados para docencia. A longitudes de onda menores a 550 nm, la absorbancia; que tiene un valor pequeño, no permite determinar de manera adecuada el volumen de punto de equivalencia, mientras que a $\lambda = 600 \text{ nm}$ y $\lambda = 640 \text{ nm}$ la absorbancia se hace lineal con una pendiente cercana a 0, debido a que en este punto las absorbancias de los compuestos CuY^{2-} y $\text{Cu}(\text{Gli})_2$ son iguales, a este punto se le llama isobéptico. Éste indica que los compuestos CuY^{2-} y $\text{Cu}(\text{Gli})_2$ coexisten en equilibrio en la disolución.

Por lo tanto a longitudes de onda comprendidas entre 580 y 590 se tiene un valor adecuado de sensibilidad.

Actividades previas

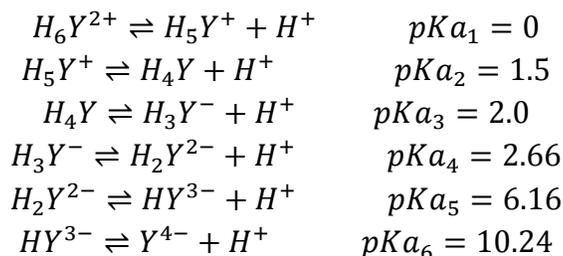
1. Se tienen los siguientes reactivos analíticos:

Reactivo	Fórmula química	Masa molar	Pureza
Glicina	NH ₂ CH ₂ COOH	75.07 g/mol	99%
Hidróxido de sodio	NaOH	40 g/mol	99%

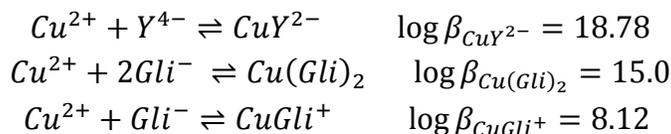
- a) Determinar la cantidad de glicina e hidróxido de sodio (reactivos analíticos) que debe pesarse para la preparación de la solución amortiguadora de glicina de concentración 0.4 M y pH=9.5
 - b) Redactar el procedimiento experimental para preparar la solución amortiguadora de glicina.
2. Calcular la cantidad necesaria de muestra que debe pesarse para preparar 50 mL de una solución de concentración 0.1 M de cobre (considere que el contenido de cobre en el alambre es del 100%).
 3. Llevar al laboratorio una muestra de alambre de cobre y pinzas para cortar.

Constantes de formación de complejos y acidez:

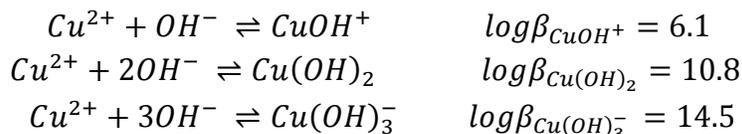
¹Constantes de acidez para EDTA:



²Complejos Cu-Glicina:

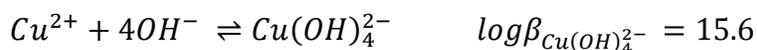


²Complejos Cu-OH:

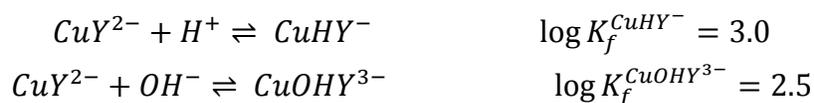


¹Harris D.C. (2002) Análisis químico cuantitativo (2 ed.) España Reverté S.A. de C.V.

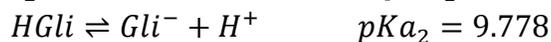
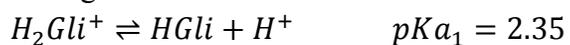
²Martell E., Smith R. (1989) Critical stability constants (Vol. 6) USA Plenum Press



³Complejos $CuY^{2-} - H^{+} - OH^{-}$



¹Constantes de acidez para la glicina:

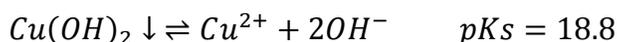


H_2Gli^{+} es el ácido diprótico

$HGli$ es el anfótero ácido base

Gli^{-} es la dibase

⁴Constante de solubilidad:



Parte experimental

Equipos, materiales y reactivos

Material	Equipo	Reactivos y soluciones
1 Matraz volumétrico 25 mL	Parrilla con agitación	Solución amortiguadora de glicina, pH=9.5, 0.4 M
3 Matraces volumétricos 50 mL	Potenciómetro y electrodo combinado de vidrio	Solución de EDTA 0.05 M
1 matraz Erlenmeyer	2 Celdas espectrofotométricas de plástico	Solución de NaOH 0.5 M
1 Vaso de precipitados de 50 mL	Espectrofotómetro	Soluciones amortiguadoras de referencia pH 7.0 y 10
2 Vasos de precipitados de 100 mL		HCl concentrado
1 Vaso de precipitados de 20 mL		HNO ₃ concentrado
1 Bureta de 10 mL		
1 Pipeta volumétrica de 3 mL		
1 Pipeta graduada de 5 mL		
1 vidrio de reloj		
1 Perilla		
1 Piseta con agua destilada		
Soporte universal con pinzas y nuez		
1 Barra magnética		

³ Ringbom A. (1979) Formación de complejos en química analítica (1 ed.) España Alhambra

⁴ Burriel F. (1998) Química analítica cualitativa (18 ed.) España Parainfo Thompson

Recuperador de barras magnéticas		
Espátula		

Experimentación

Preparación de soluciones

Solución amortiguadora de glicina 0.4M, 25 mL, pH= 9.5

- 1) Pesar la cantidad de glicina calculada.
- 2) Disolver la cantidad pesada con agua destilada en un volumen aproximado de 60 mL.
- 3) Sumergir el electrodo combinado de vidrio, monitorear el pH.
- 4) Añadir NaOH o HCl, según sea el caso, para ajustar el pH a 9.5.
- 5) Llevar al aforo con agua destilada en un matraz de 25 mL.

EDTA 0.05 M, 100 mL

- 1) Usar la solución de EDTA preparada en la práctica “Separación de dos iones metálicos, Al (III) y Mg (II), mediante precipitación selectiva bajo dos condiciones de amortiguamiento: pNH_3' y pH”

Solución de Cu (II), 50 mL

- 1) Pesar la cantidad calculada.
- 2) Colocar la muestra en un matraz Erlenmeyer.
- 3) Realizar la siguiente operación en el interior de una campana de extracción: añadir 10 mL de agua destilada, añadir lenta y cuidadosamente 2 mL de HNO₃ R.A. concentrado, tapar el matraz con un vidrio de reloj.
- 4) Calentar en una parrilla hasta observar la completa disolución de la muestra, se tornará de color verde.
- 5) Continuar calentando durante 15 o 20 minutos.
- 6) Una vez terminado el ataque, lavar el vidrio de reloj con la mínima cantidad de agua destilada.
- 7) Verter en un matraz volumétrico de 50 mL y aforar con agua destilada.

Solución problema de Cu (II)

- 1) Tomar con una pipeta volumétrica 3 mL de la solución de Cu (II) y verter en un vaso de precipitados.

- 2) Adicionar 8 mL de la solución amortiguadora de glicina y verter en el vaso de precipitados con la solución de Cu (II).
- 3) Agitar la solución, medir pH. Ajustar el pH a 9.5.

Calibración del potenciómetro

- 1) Calibrar con la solución amortiguadora de referencia de pH=7.0 y pH=10.0.

Ajuste de la longitud de onda

- 1) Encender el espectrofotómetro y dejar que se caliente durante 15 minutos.
- 2) Ajustar la longitud de onda a 584 nm.
- 3) Usando como blanco la solución amortiguadora de glicina, ajustar la absorbancia a 0.

Valoración de Cu(II) con EDTA

- 1) Colocar en la bureta la solución de EDTA 0.05 M.
- 2) Medir la absorbancia del sistema inicial, solución problema de Cu (II).
- 3) Adicionar mediante la bureta volúmenes de EDTA de acuerdo a la “Tabla de resultados para la determinación espectrofotométrica de Cu (II) con EDTA en un medio de doble amortiguamiento: pH y pGlicina”.
- 4) Para cada adición de EDTA permitir que se agite.
- 5) Tomar una muestra del sistema, haciendo uso de una pipeta graduada. Transferir a la celda de plástico y medir la absorbancia.

Tratamiento de residuos

- 1) Ver el diagrama ecológico adjunto.
- 2) Guardar en un frasco y etiquetar la solución de Cu (II).

Tabla de recolección de resultados

Tabla para el registro de las cantidades pesadas de reactivos analíticos

Reactivo: Glicina	
Volumen	25 mL
Concentración	0.4 M
Gramos de glicina calculados	_____ g
Peso del vaso de precipitados	_____ g
Cantidad real pesada de glicina	_____ g
Concentración real	_____ M

Reactivo: EDTA	
Volumen	50 mL
Concentración	0.05 M
Gramos de EDTA calculados	_____ g
Peso del vaso de precipitados	_____ g
Cantidad real pesada de EDTA	_____ g
Concentración real	_____ M

Muestra de cobre	
Cantidad calculada	_____ g
Cantidad real pesada	_____ g

Tabla de resultados para la determinación espectrofotométrica de Cu (II) con EDTA en un medio de doble amortiguamiento: pH y pGlicina

Longitud de onda		
$\lambda = 584 \text{ nm}$		
V_{EDTA} (mL)	Absorbancia	Absorbancia corregida*
0.0		
0.5		
1.0		
1.5		
2.0		
3.0		
3.5		
4.0		
4.2		
4.4		
4.6		
4.8		
5.0		
5.2		
5.4		
5.6		
5.8		
6.0		
6.5		
7.0		
7.5		
8.0		
8.5		
9.0		
9.5		
10.0		
10.5		
11.0		
11.5		
12.0		
12.5		
13.0		
13.5		
14.0		
14.5		
15.0		

*Ver ecuación para calcular absorbancia corregida en los anexos de esta práctica.

Curva de la valoración Cu (II) con EDTA _____ M en un medio de doble amortiguamiento: pH y pGlicina
Mediciones efectuadas a pH= ____ y pGlicina= _____

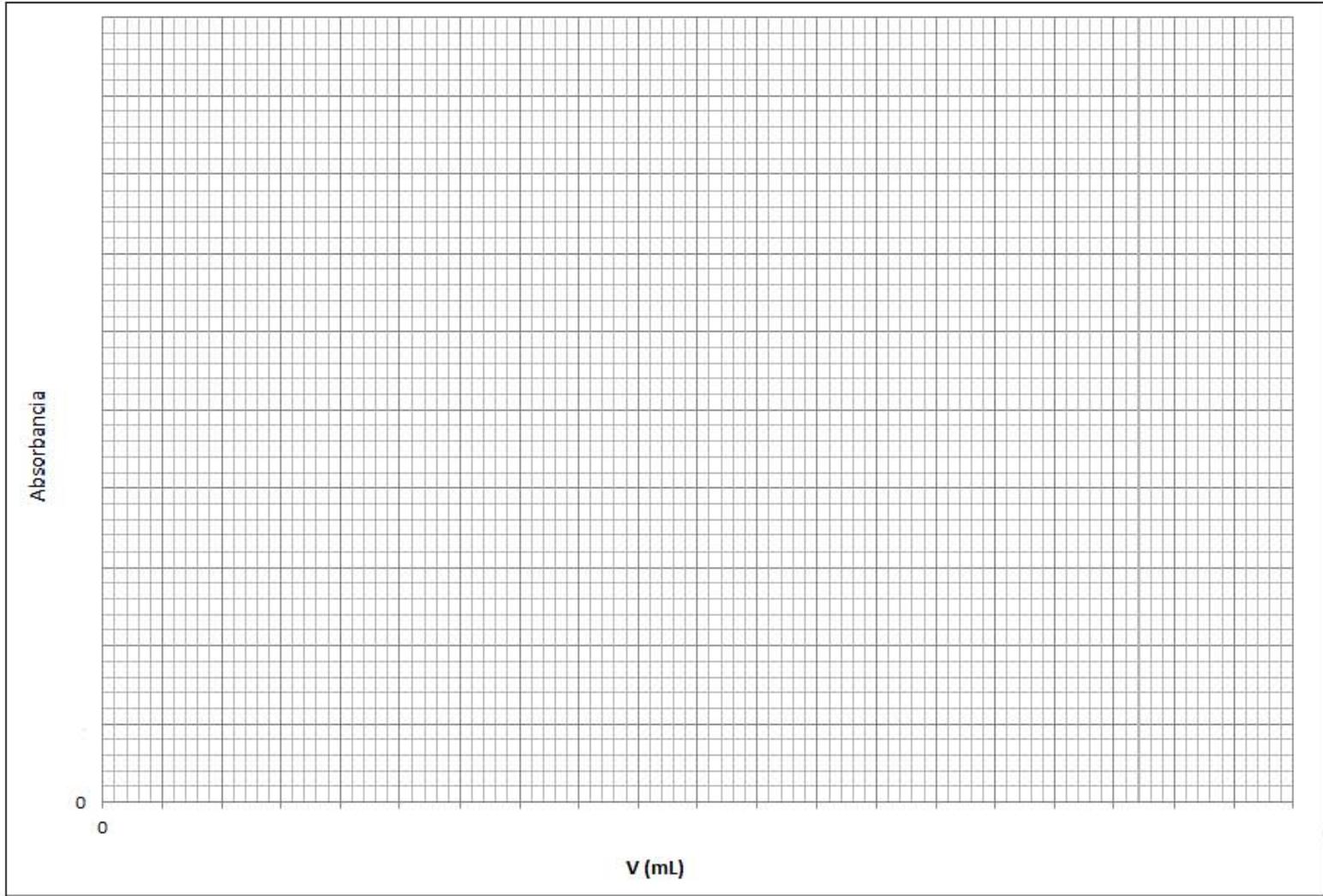
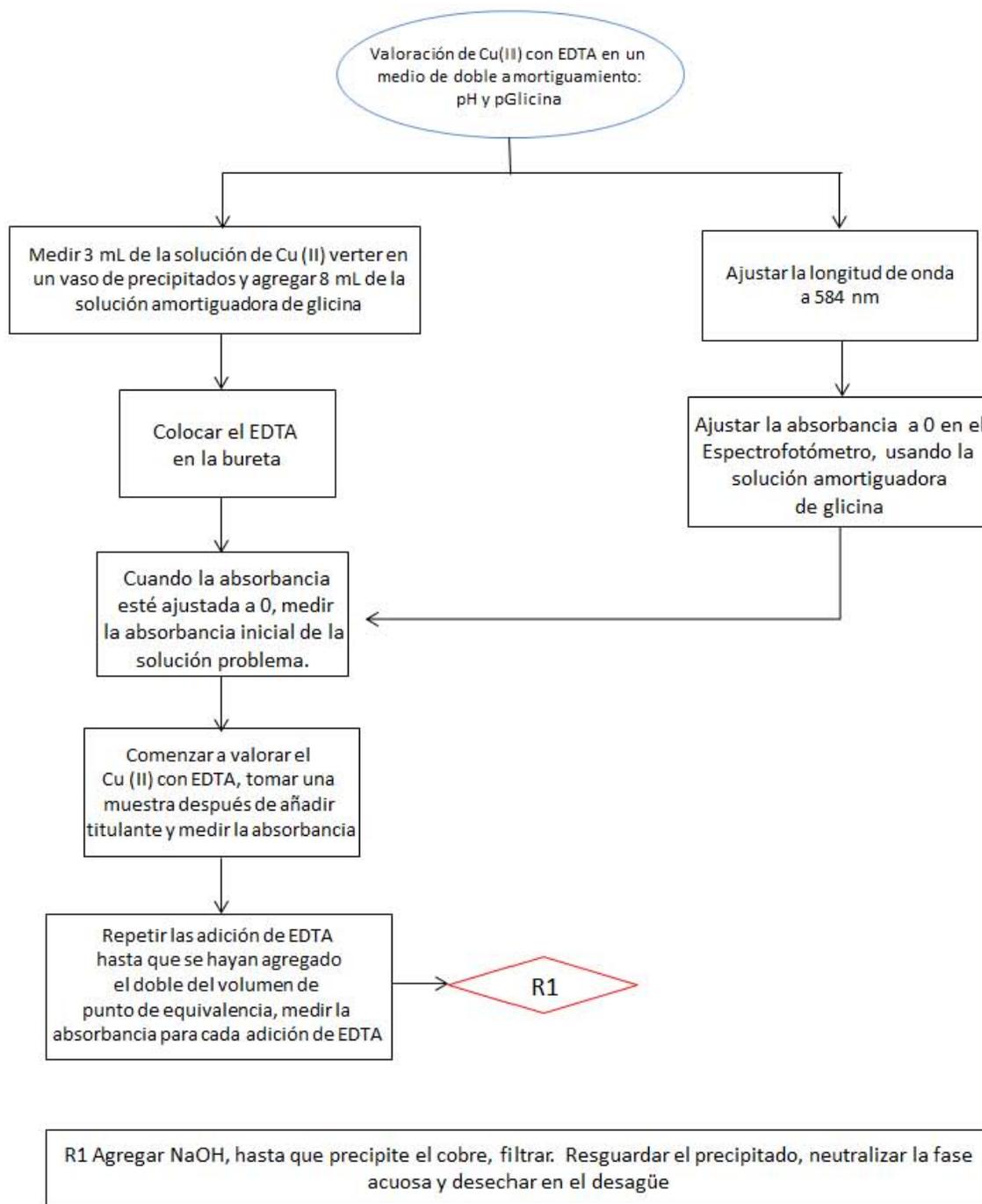
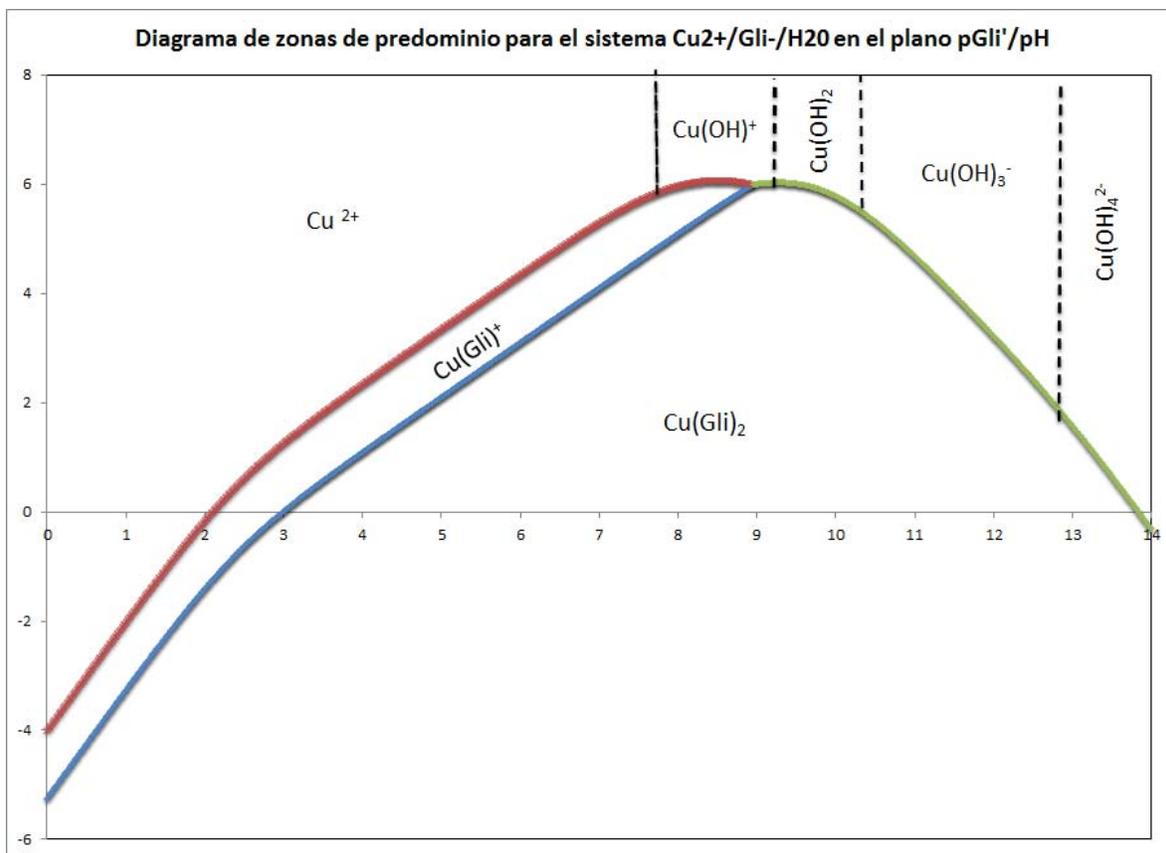


Diagrama ecológico para el tratamiento y disposición de residuos





Puntos mínimos para la elaboración de informe

1. Presentar las cantidades experimentales, en gramos, de los reactivos utilizados para preparar las disoluciones; así como la concentración y volumen preparado de éstas.
2. Justificar el método de la determinación de Cu(II) bajo las condiciones en que se efectúa la valoración a través de:
 - a) La ecuación química de la reacción de valoración generalizada y la representativa.
 - b) Proponer la ecuación general y particular con la que es posible calcular el valor de β'' (constante de formación bicondicional).
 - c) Calcular el valor de β'' .
3. Presentar en la misma gráfica, las curvas experimentales de la valoración $A = f(V_{EDTA'})$ y $A^{corr} = f(V_{EDTA'})$, y explicar cuál es la curva más apropiada para determinar el volumen de punto de equivalencia.
4. Determinar el volumen del punto de equivalencia de la valoración, mediante una regresión lineal de los datos de la zona de antes del punto de equivalencia (APE) y, el promedio aritmético de los datos de la zona de después del punto de equivalencia (DPE).

5. Calcular la concentración inicial (en molaridad) de la solución de cobre (II).
6. Indicar cuántas y cuáles especies absorben.
7. Usando la ley de Beer-Lambert, determinar los valores experimentales de los coeficientes de absorptividad de las especies absorbentes.
8. Escribir las ecuaciones particulares de balance que apliquen a esta determinación, y la constante de reacción junto con la ley de acción de masas que permite resolver el sistema de valoración.
9. Trazar la curva teórica de valoración $A^{corr}=f(V_{EDTA'})$, utilizando los coeficientes de absorptividad experimentales anteriormente calculados y comparar las curvas teórica y experimental de la valoración. Comentar si el modelo teórico reproduce lo que experimentalmente se obtiene.

Bibliografía

- Burriel F. (1998) Química analítica cualitativa (18 ed.) España Parainfo Thompson
- Glenn H.B., Eugene M.S. (1967), Química cuantitativa Reverté España
- Harris D.C. (2002) Análisis químico cuantitativo (2 ed.) España Laitinen H.A., Walter E.H. (1986) Análisis químico España Reverté
- Martell E., Smith R. (1989) Critical stability constants (Vol. 6) USA Plenum Press
- Pickering W.F. (1980) Química analítica moderna España Reverté
- Ringbom A. (1979) Formación de complejos en química analítica (1 ed.) España Alhambra_
- <http://ocw.um.es/ciencias/analisis-quimico/material-de-clase-1/tema-6.pdf>

Anexos

Ecuación para calcular la absorbancia corregida

$$A_{Corr\ exp}^{\lambda} = A_{exp}^{\lambda} \left(\frac{V_0 + V}{V_0} \right)$$

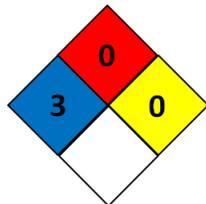


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA
HOJA DE SEGURIDAD



Nombre: Ácido clorhídrico

Sinónimos: Ácido muriático, cloruro de hidrógeno (cuando es gaseoso), ácido hidroclopórico, espíritus de sal

Propiedades físicas y químicas		Código NFPA	Identificación de riesgos
Fórmula química: HCl Peso molecular: 36.453 g/mol Apariencia física: Líquido incoloro o amarillento con desprendimiento de vapores Olor: Penetrante e irritante Solubilidad: Soluble en agua, alcoholes, éter y benceno Gravedad específica: 1.184 Punto de ebullición: 50 °C @ 760 mmHg Punto de fusión: -66 °C		 Sustancias corrosivas	
Efectos para la salud		Primeros auxilios	
Inhalación: irritación nasal, quemaduras, tos y sofocación Ingestión: quemaduras en el sistema digestivo, dificultad para comer, vómito, diarrea Contacto con los ojos: irritación, enrojecimiento, dolor, lagrimeo excesivo Contacto con la piel: inflamación, enrojecimiento, dolor y quemaduras	Inhalación: administrar respiración artificial si no respira, suministrar oxígeno, abrigar y mantener en reposo a la víctima, buscar atención médica Ingestión: lavar la boca con agua, no inducir el vómito, si hay vómito inclinar a la víctima hacia enfrente, buscar ayuda médica Contacto con los ojos: lavar con agua por 15 minutos, elevando los párpados para remover el químico. Si hay irritación, acudir al médico. Contacto con la piel: lavar la zona afectada con agua y jabón, por 15 minutos, buscar ayuda médica		
Estabilidad y reactividad		Protección personal	
Estabilidad: estable bajo condiciones normales, es sensible a la luz solar Incompatibilidades: agentes oxidantes, reductores, bases fuertes y metales Condiciones a evitar: calor, luz solar e incompatibles Productos de descomposición: vapores de hidrógeno	Sistema de ventilación: ventilación local y general Respiradores personales: respiradores con filtro para vapores ácidos Protección de la piel: guantes, overol y botas Protección de los ojos: gafas resistentes a los químicos y con protección lateral		
Medidas para extinción de incendios		Control de exposición	
Fuego: no es inflamable, pero al contacto con metales libera hidrógeno el cual es inflamable Medios de extinción de incendios: en caso de grandes incendios, usar agua en rocío o espuma resistente al alcohol	No establecido		
Manejo y almacenamiento		Información toxicológica	
Almacenar en lugares ventilados, secos, alejar de fuentes de calor e ignición y de los rayos solares		LC50 inhalación ratones: 1108 ppm/1 hora CL50 inhalación ratas: 3124 ppm/1 hora DL50 oral conejos: 900 mg/kg	

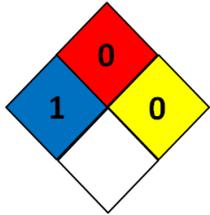


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA
HOJA DE SEGURIDAD



Nombre: Ácido etilendiamino tetraacético

Sinónimos: EDTA, ácido etilendiamino tetraacético sal disódica

Propiedades físicas y químicas	Código NFPA	Identificación de riesgos
Fórmula química: $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$ Peso molecular: 372.24 g/mol Apariencia física: Cristales blancos Olor: Inodoro Solubilidad en agua: 10 g/ 100 mL Densidad relativa: N/D Punto de ebullición: N/D Punto de fusión: Se descompone a 252 °C		 Sustancias irritantes
Efectos para la salud	Primeros auxilios	
Inhalación: Irritación de las vías respiratorias. Ingestión: Irritación en el tracto digestivo, puede causar alergia. Contacto con los ojos: Irritación. Contacto con la piel: Irritación.	Inhalación: llevar a la víctima a un lugar fresco, obtener atención médica. Ingestión: Beber agua o leche, buscar ayuda médica. Contacto con los ojos: lavar con agua por 15 minutos, elevando los párpados para remover el químico. Si hay irritación, acudir al médico. Contacto con la piel: lavar por 15 minutos con agua y jabón, lavar ropa contaminada antes de usarla, buscar ayuda médica.	
Estabilidad y reactividad	Protección personal	
Estabilidad: Estable Incompatibilidades: Agentes oxidantes fuertes Condiciones a evitar: Polvo, exceso de calor Productos de descomposición: Óxidos nitrosos, óxidos de carbono	Sistema de ventilación: ventilación local y/o general Respiradores personales: Usar respirador de partículas. Protección de la piel: Guantes de protección y ropa que cubra completamente la piel Protección de los ojos: Usar gafas, tener sistema de lavado de ojos y regadera.	
Medidas para extinción de incendios	Control de exposición	
Fuego: N/D Explosión: N/D Medios de extinción de incendios: Este químico no es combustible.	No establecido	
Manejo y almacenamiento	Información toxicológica	
Almacenar en un lugar ventilado y etiquetarlo debidamente.	DL50 oral en ratas: 1658 mg/kg DL50 cutáneo ratas: > 2000 mg/kg	

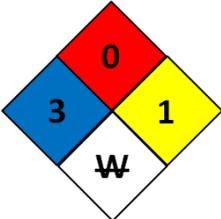


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA
HOJA DE SEGURIDAD



Nombre: Hidróxido de sodio

Sinónimos: Soda cáustica anhidra, soda cáustica en escamas, cáustico blanco, lejía, hidrato de sodio.

Propiedades físicas y químicas	Código NFPA	Identificación de riesgos
<p>Fórmula química: NaOH Peso molecular: 40 g/mol Apariencia física: Sólido blanco en forma de escamas Olor: Inodoro Solubilidad: Soluble en agua, alcohol y glicerol Gravedad específica: 2.3 @ 25°C Punto de ebullición: 1390 °C Punto de fusión: 318 °C</p>		 Sustancias corrosivas
Efectos para la salud	Primeros auxilios	
<p>Inhalación: irritación, estornudos, dolor de garganta, escurrimiento nasal. Ingestión: quemaduras, lesiones tisulares, sangrado, vómito, diarrea, baja presión, muerte. Contacto con los ojos: irritación, enrojecimiento, lagrimeo, dolor. Contacto con la piel: irritación y quemaduras</p>	<p>Inhalación: llevar a la víctima a un lugar fresco, obtener atención médica. Ingestión: Lavar la boca con abundante agua, no induzca el vómito. Buscar atención médica. Contacto con los ojos: lavar con agua por 15 minutos, elevando los párpados para remover el químico. Si hay irritación, acudir al médico. Contacto con la piel: lavar por 15 minutos con agua y jabón, lavar ropa contaminada antes de usarla, buscar ayuda médica.</p>	
Estabilidad y reactividad	Protección personal	
<p>Estabilidad: Estable bajo condiciones normales de uso y almacenamiento. Incompatibilidades: Ácidos, halógenos orgánicos, compuestos nitro, Al, Mg, Sn, Zn. Condiciones a evitar: calor, llamas, humedad e incompatibles Productos de descomposición: al calentar puede liberar óxido de sodio</p>	<p>Sistema de ventilación: ventilación local y/o general Respiradores personales: Utilizar un respirador con filtros aprobados por NIOSH. Protección de la piel: Utilizar guantes resistentes a reactivos químicos. Protección de los ojos: Utilizar gafas o googles.</p>	
Medidas para extinción de incendios	Control de exposición	
<p>Medios de extinción de incendios: no usar agua.</p>	<p>No establecido</p>	
Manejo y almacenamiento	Información toxicológica	
<p>Almacenar en un lugar seco y ventilado. Alejar de calor y llamas.</p>	<p>DL50 oral en conejos: 0.5 g/kg (solución al 10%)</p>	

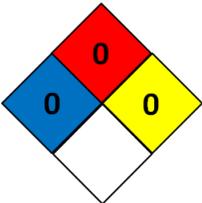


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA
HOJA DE SEGURIDAD



Nombre: Glicina

Sinónimos: Ácido aminoacético, glicocola

Propiedades físicas y químicas		Código NFPA	Identificación de riesgos
Fórmula química: C ₂ H ₅ NO ₂ Peso molecular: 75.07 g/mol Apariencia física: Sólido blanco Olor: Inodoro Solubilidad: 225 g/l @20 °C Densidad: 1.595 g/cm ³ Punto de ebullición: N/A Punto de fusión: 232-236 °C		N/D	
Efectos para la salud		Primeros auxilios	
Inhalación: N/D Ingestión: N/D Contacto con los ojos: N/D Contacto con la piel: N/D		Inhalación: llevar a la víctima a un lugar fresco, obtener atención médica. Ingestión: hacer beber inmediatamente agua abundante. Consultar al médico en caso de malestar. Contacto con los ojos: Aclarar con abundante agua, manteniendo abiertos los párpados. Contacto con la piel: aclarar con abundante agua. Eliminar ropa contaminada.	
Estabilidad y reactividad		Protección personal	
Estabilidad: Estable Incompatibilidades: oxidantes fuertes. Condiciones a evitar: calor. Productos de descomposición: posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos. Pueden producirse gases nitrosos.		Sistema de ventilación: ventilación local y/o general Respiradores personales: mascarillas contra polvos Protección de la piel: guantes caucho nitrilo, 0.11 mm espesor Protección de los ojos: gafas de protección, tener un sistema de lavado de ojos y regaderas de emergencia	
Medidas para extinción de incendios		Control de exposición	
Fuego: combustible. Medios de extinción de incendios: agua, polvo químico seco, espuma o CO ₂		No establecido	
Manejo y almacenamiento		Información toxicológica	
Frasco cerrado, lugar seco, temperatura entre 15 °C y 25 °C		DL50 oral en ratas: 7930 mg/kg	

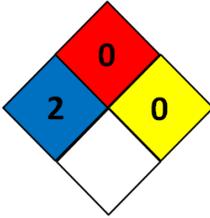


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA
HOJA DE SEGURIDAD



Nombre: Sulfato de cobre pentahidratado

Sinónimos: Vitriolo azul, piedra azul, vitriolo romano, sulfato cúprico

Propiedades físicas y químicas		Código NFPA	Identificación de riesgos
Fórmula química: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ Peso molecular: 249.6 g/mol Apariencia física: Gránulos cristalinos color azul Olor: Inodoro Solubilidad: Soluble en agua y metanol. Densidad relativa: 2.28 @ 20 °C Punto de ebullición: Se descompone a 653 °C Punto de fusión: 150 °C		 Sustancias irritantes	
Efectos para la salud		Primeros auxilios	
Inhalación: irritación en nariz, garganta, sistema respiratorio, congestión, paro respiratorio Ingestión: Malestar estomacal, náuseas, vómitos, dolores gástricos, gastritis hemorrágica, diarrea, convulsiones y colapso. Contacto con los ojos: El polvo puede causar irritación en los ojos y conjuntivitis. Contacto con la piel: irritación.	Inhalación: llevar a la víctima a un lugar fresco, obtener atención médica. Ingestión: lavar la boca con agua, no inducir vómito, buscar atención médica. Contacto con los ojos: lavar con agua por 15 minutos, elevando los párpados para remover el químico. Si hay irritación, acudir al médico. Contacto con la piel: lavar por 15 minutos con agua y jabón, lavar ropa contaminada antes de usarla, buscar ayuda médica.		
Estabilidad y reactividad		Protección personal	
Estabilidad: Estable bajo condiciones normales Incompatibilidades: puede reaccionar con hidroxilamina y magnesio Condiciones a evitar: Productos de descomposición:	Sistema de ventilación: ventilación local y/o general Respiradores personales: equipo de respiración autónomo Protección de la piel: guantes protectores impermeables Protección de los ojos: gafas de seguridad		
Medidas para extinción de incendios		Control de exposición	
Fuego: Por encima de 400°C puede desprender gases tóxicos de SOx. Explosión: No es combustible. Los contenedores cerrados pueden romperse cuando se calientan a más de 110°C debido a la evaporación de agua. Medios de extinción de incendios: No es combustible. Se pueden usar la mayoría de agentes extintores	No establecido		
Información toxicológica		Manejo y almacenamiento	
DL50 oral en ratas: 0.3 g/kg	Lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor e ignición. Separado de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente y mantenerlos bien cerrados.		

IV. REACCIONES SIMULTÁNEAS: DE ÓXIDO-REDUCCIÓN, ÁCIDO-BASE, PRECIPITACIÓN Y FORMACIÓN DE COMPLEJOS

Ubicación de la práctica dentro del programa teórico de la asignatura

La práctica propuesta, Valoración potenciométrica de ácido ascórbico con Cu (II) en medio amortiguado de pH y pSCN', se relaciona al punto 3.3 de la unidad número 3 del temario plan 2012, que lleva por título "Reacciones de óxido-reducción bajo condiciones de un doble amortiguamiento (pH y pL)".

Práctica propuesta:

Valoración potenciométrica de una muestra comercial de ácido ascórbico con Cu (II) en medio amortiguado de pH y pSCN'

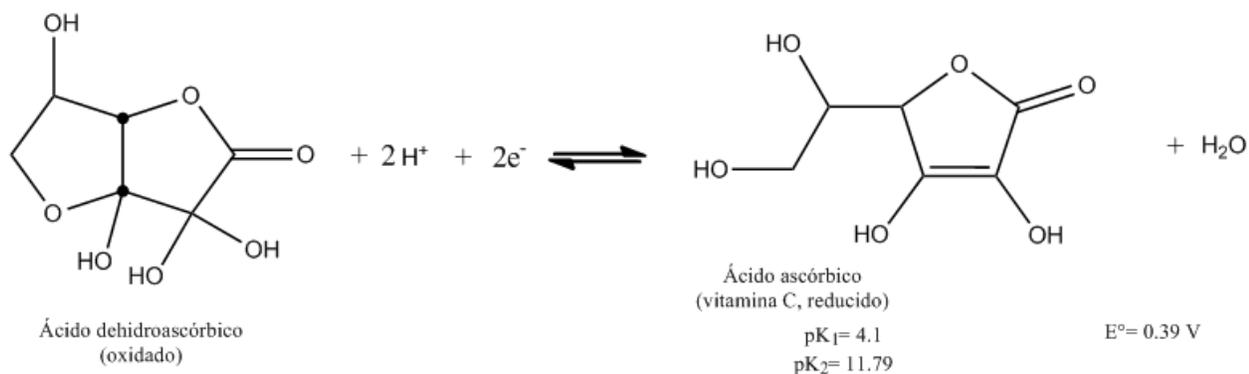
Objetivo de la práctica

- Determinar experimentalmente la cantidad de una especie con propiedades oxidoreductoras contenida en una muestra comercial, mediante una valoración potenciométrica bajo condiciones de amortiguamiento.

Introducción

La vitamina C, o ácido ascórbico, es un compuesto hidrosoluble de seis átomos de carbono relacionado estructuralmente con la glucosa. En su condición de agente reductor, el ácido ascórbico posee otras propiedades importantes, que parecen ser no enzimáticas. Por ejemplo, ayuda a la absorción del hierro (II), a causa de que el Fe (III) se reduce al estado ferroso en el estómago por acción del ácido ascórbico; también evita la oxidación de las vitaminas A, E y algunas del grupo B. No obstante el calor y algunos cationes metálicos, como el cobre (II), oxidan la vitamina C.

Electroquímicamente el ácido ascórbico (forma reducida) mantiene con el ácido dehidroascórbico (forma oxidada) un equilibrio, representado por la siguiente reacción:



Esta propiedad se ha aprovechado para proponer métodos para la determinación del ácido ascórbico, por ejemplo en el control de calidad de productos que lo contengan. Algunos son espectrofotométricos, titulaciones con indicadores y potenciométricas usando titulantes como cloramina-T, cerio (IV), N-bromoftalimida, N-bromosacarina, yoduro de polivinilpirrolidona, N-clorosuccinamida, dibromoamina-T, vanadio (V), ferricianuro, entre otros¹.

La reacción de óxido-reducción de ácido ascórbico con Cu (II), ocurre de la siguiente manera: el ácido ascórbico reduce los iones de Cu (II) cuantitativamente en solución acuosa a iones de Cu (I) en un medio neutro o ligeramente ácido de pH. Esta reacción es favorecida en presencia de tiocianato de amonio, formando tiocianato cuproso poco soluble (precipitado color blanco).

Actividades previas

1. Trazar la escala de diferencia de potencial eléctrico para las distintas especies de cobre.

Datos:

Semirreacción	E° (V)
$Cu^+ + 1e^- \rightarrow Cu^0$	0.521
$Cu^{2+} + 1e^- \rightarrow Cu^+$	0.153

2. Con la escala del punto 1, indicar qué especies son estables y cuales inestables.
3. Para una valoración en la que se medirá diferencia de potencial eléctrico a intensidad nula
 - a. ¿Qué electrodos se utilizan comúnmente?

¹ Ciancaglini P *et al.* Using a classical method of vitamin C quantification as a tool for discussion of its role in the body. Biochem. Mol. Biol. Edu. 29: 110-114, 2001.

- b. Describir el modo de calibración del potenciómetro si la respuesta por medir es la diferencia de potencial.

²Datos relacionados con el ácido ascórbico

H_2A – Ácido ascórbico, un ácido diprótico

HA^- – Anfolito, ácido base

A^{2-} – Dibase, denominada ion ascorbato

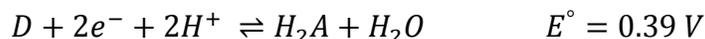
Valores de pK_a para los pares conjugados ácido base



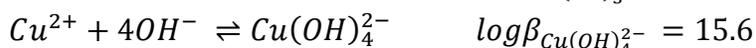
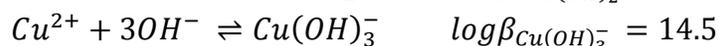
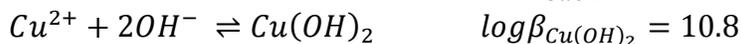
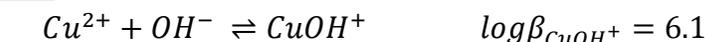
Datos relacionados con el dehidroascórbico

D – Dehidroascórbico, forma oxidada del ácido ascórbico

Potencial eléctrico estándar



³Complejos Cu-OH:



⁴Complejos para Cu (II) y Cu (I)

	Cu(II)				Cu(I)			
<i>Constantes de formación de Complejos</i>								
Ligante	Log β_1	Log β_2	Log β_3	Log β_4	Log β_1	Log β_2	Log β_3	Log β_4
SCN ⁻	1.70	2.50	2.70	3.00	N/D	11.00	N/D	N/D
Ac ⁻	1.70	2.70	3.10	2.9	N/D	N/D	N/D	N/D
NH ₃	4.13	7.61	10.48	12.59	5.90	10.80	N/D	N/D
<i>Constante de solubilidad</i>								
	pKs				pKs			
OH ⁻	18.59				14.00			
SCN ⁻	N/D				12.70			

² Harris D.C. (2002) Análisis químico cuantitativo (2 ed.) España Reverté S.A. de C.V.

³ Martell E., Smith R. (1989) Critical stability constants (Vol. 6) USA Plenum Press

⁴ Ringbom A. (1979) Formación de complejos en química analítica (1 ed.) España Alhambra

Parte experimental

Equipos, materiales y reactivos

Material	Equipo	Reactivos y soluciones
1 Matraz volumétrico 100 mL	Parrilla con agitación	Solución de Cu (II)
1 Matraz volumétrico 25 mL	Potenciómetro con electrodo de vidrio (Por grupo)	NH ₄ SCN reactivo analítico
1 Vaso de precipitados 100 mL	Potenciómetro con electrodo combinado de platino (Por equipo)	CH ₃ COONa reactivo analítico
1 Vaso de precipitados 50 mL	Alambre denominado corto (proporcionado por el laboratorista; por grupo)	Muestra comercial de ácido ascórbico (tabletas)
1 vaso de precipitados de 20 mL		Solución amortiguadora de referencia pH 4.0
1 Bureta de 50 mL		
1 pipeta volumétrica de 5 mL		
2 vidrios de reloj		
1 soporte universal con pinzas y nuez		
1 perilla		
1 piseta		
1 barra magnética		
1 recuperador de barras magnéticas		
1 espátula		
1 mortero con pistilo		

Experimentación

Calibración del potenciómetro

Medición de pH

- 1) Calibrar con la solución amortiguadora de referencia de pH= 4.0.

Medición de diferencia de potencial

- 1) Colocar el electrodo combinado de platino.
- 2) Cerrar el circuito mediante un corto, que se acople al instrumento a utilizar.
- 3) Seleccionar la lectura de potencial que deberá ser igual a 0 V, si no, ajustar hasta que la lectura sea 0 V.

Preparación de soluciones

Cu (II)

- 1) Usar la solución preparada en la práctica, Determinación espectrofotométrica de Cu (II) en un medio de doble amortiguamiento: pH y pGlicina.
- 2) Diluir para obtener una solución de concentración 0.02 M.

Preparación del sistema en estudio (alícuota por valorar)

- 1) Pesar 200 mg de NH_4SCN .
- 2) Pesar 100 mg de CH_3COONa .
- 3) Verter las cantidades pesadas de NH_4SCN y CH_3COONa en un vaso de precipitados de 20 mL.
- 4) Añadir 15 mL de agua destilada.
- 5) Comenzar la agitación del sistema hasta la disolución total de los reactivos sólidos.
- 6) Medir pH haciendo uso del electrodo combinado de vidrio.

Preparación de la solución de ácido ascórbico

- 7) Pesar tres tabletas de la muestra comercial de ácido ascórbico y determinar un peso promedio.
- 8) Triturar las tabletas en un mortero.
- 9) Con el dato del contenido de ácido ascórbico (impreso en el empaque), calcular la cantidad de polvo que contenga 50 mg de ácido ascórbico; y pesar.
- 10) Disolver la cantidad pesada con agua destilada.
- 11) Llevar al aforo con agua destilada en un matraz volumétrico de 25 mL.

Nota: Preparar la solución una vez que se encuentre listo el montaje experimental y las cantidades de los demás reactivos pesadas, debido a que se descompone al estar en contacto con el oxígeno y la luz.

- 12) Una vez preparada la solución de ácido ascórbico, tomar con la pipeta volumétrica 5 mL de la solución y verter en el vaso de precipitados donde el NH_4SCN y CH_3COONa están disueltos.
- 13) Volver a medir pH haciendo uso del electrodo combinado de vidrio.

Valoración de ácido ascórbico con Cu (II)

- 1) Previo a iniciar la valoración, se debe colocar un volumen aproximado de 15 mL de solución de Cu (II) en la bureta.
- 2) Sumergir el electrodo de platino en el sistema en estudio y medir el valor de potencial inicial ($V^{\text{Cu(II)}} = 0$ mL).

- 3) Adicionar mediante la bureta volúmenes de cobre de acuerdo a la “Valoración potenciométrica de ácido ascórbico con Cu^{2+} ”.
- 4) Para cada adición de cobre, medir la diferencia de potencial.

Tratamiento de residuos

- 1) Ver el diagrama ecológico adjunto.

Tabla de recolección de resultados

Tabla para el registro de las cantidades pesadas de reactivos

Ácido ascórbico muestra comercial	
Volumen	25 mL
Miligramos de ácido ascórbico calculados	_____mg
Peso del vaso de precipitados	_____g
Cantidad real pesada de ácido ascórbico	_____mg

Reactivo: NH_4SCN	
NH_4SCN	200 mg
Peso del vaso de precipitados	_____g
Cantidad real pesada de NH_4SCN	_____mg

Reactivo: NaCH_3COO	
NaCH_3COO	100 mg
Peso del vaso de precipitados	_____g
Cantidad real pesada de NaCH_3COO	_____mg

Resultados	
$[\text{CuSO}_4]$	_____M
pH (antes de añadir ác. Ascórbico)	
pH (después de añadir ác. Ascórbico)	

Valoración potenciométrica de ácido ascórbico con Cu^{2+}	
V(mL)	E(mV) ECS
0.0	
0.5	
1.0	
1.5	
2.0	
2.5	
3.0	
3.5	
4.0	
4.2	
4.4	
4.6	
4.8	
5.0	
5.1	
5.2	
5.3	
5.4	
5.5	
5.6	
5.7	
5.8	
5.9	
6.0	
6.5	
7.0	
7.5	
8.0	
8.5	
9.0	
9.5	
10.0	
10.5	
11.0	
11.5	
12.0	

Curva de valoración potenciométrica de ácido ascórbico con Cu (II) 0.02 M en un medio amortiguado de pH y pSCN⁻

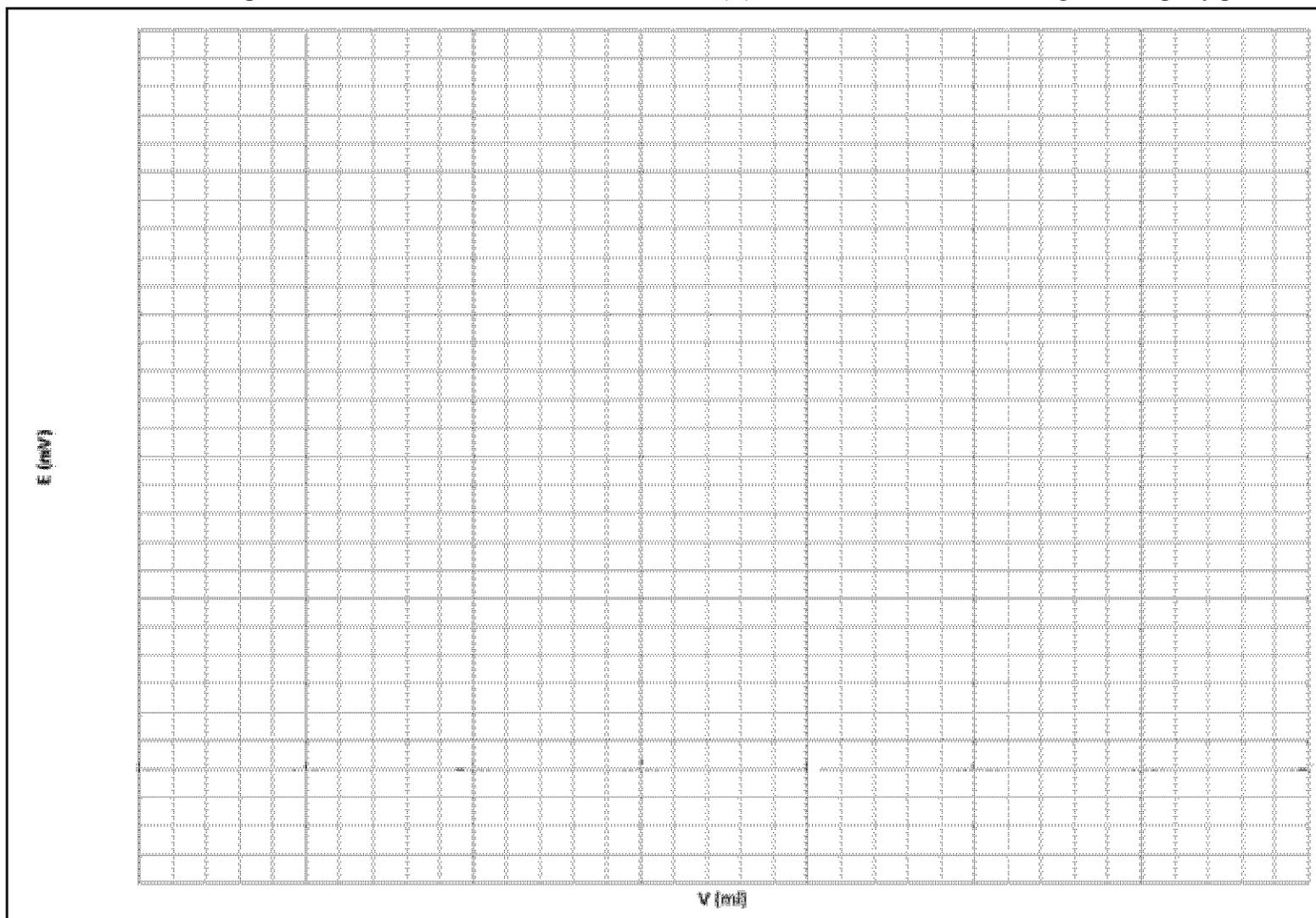
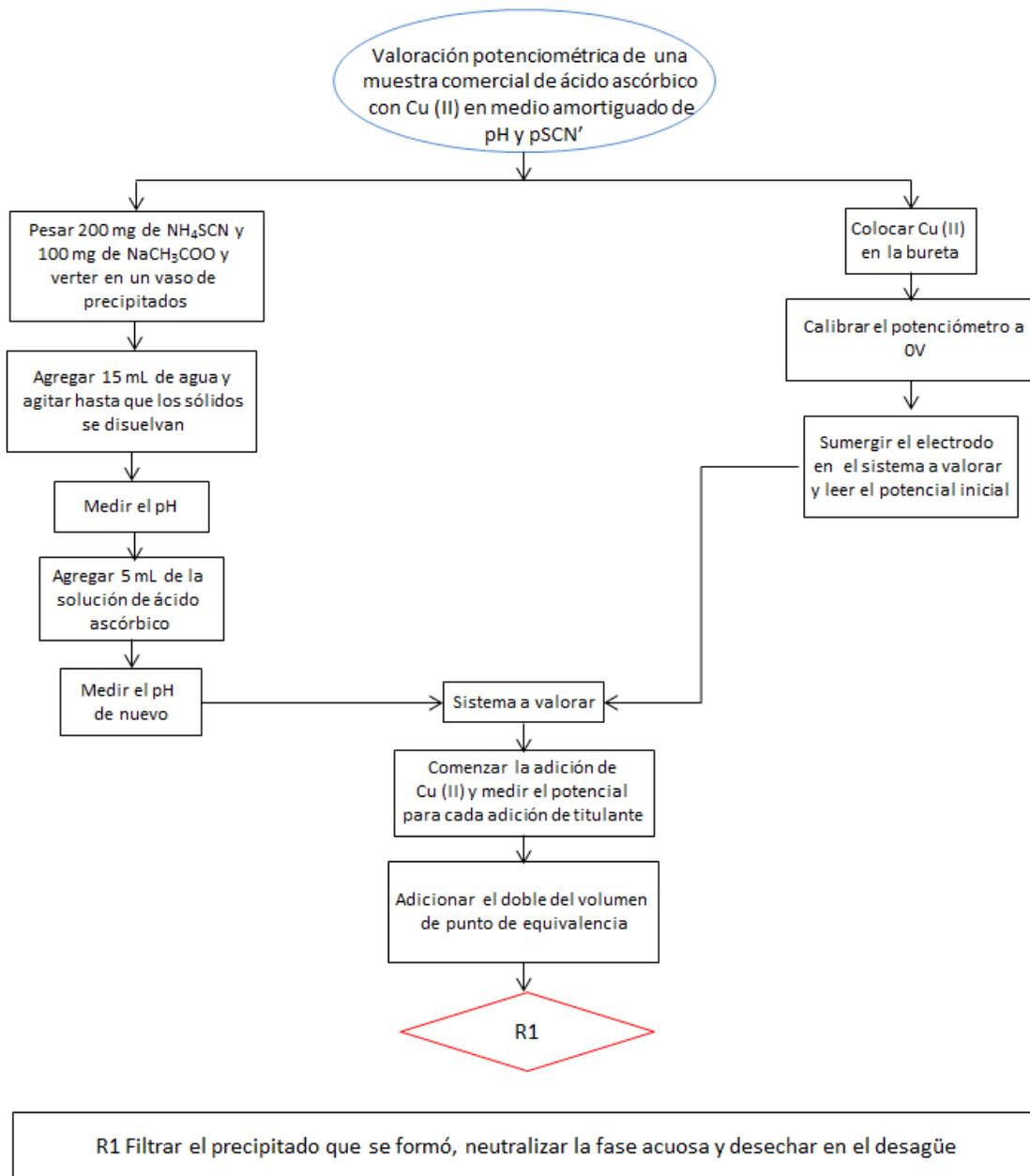


Diagrama ecológico para el tratamiento y disposición de residuos



Puntos mínimos para la elaboración de informe

1. Presentar las cantidades pesadas de todos los reactivos.
2. Escribir la ecuación química electroquímica representativa para el par $\text{Cu(II)}/\text{Cu(I)}$.
3. Escribir la ecuación química electroquímica representativa para el par DAsc/Asc .

4. Escribir la ecuación balanceada de la reacción de óxido reducción en estudio.
5. Calcular de las condiciones de amortiguamiento expresadas como $pSCN'$, pNH_3' y pH .
6. Calcular la K_{eq} experimental de la reacción de valoración.
7. Calcular el valor de $E^{\circ'}$ para cada uno de los pares anteriormente mencionados a partir de la curva de valoración determinados por regresión lineal.
8. Realizar un análisis comparativo de los valores de $E^{\circ'}$ del par $Cu(II)^{2+}/Cu(I)^{+}$ bajo las condiciones de amortiguamiento respecto al E° del par Cu^{2+}/Cu^+ .
 - a) ¿Se hace más oxidante o más reductor?
 - b) ¿A qué se debe dicha variación?
 - c) ¿Representa una ventaja o una desventaja en la valoración, es decir, aumenta el porcentaje de conversión en la condición estequiométrica?
9. Determinar el contenido de ácido ascórbico en la muestra, en gramos/tableta.
10. Hacer la comparación del contenido determinado por la valoración frente al contenido reportado en la etiqueta.

Bibliografía

- Harris D.C. (2002) Análisis químico cuantitativo (2 ed.) España
- Ciancaglini P *et al.* Using a classical method of vitamin C quantification as a tool for discussion of its role in the body. *Biochem. Mol. Biol. Edu.* 29: 110-114, 2001.
- Riyazuddin P. *et al.* Potenciometric determination of acid ascorbic in pharmaceutical preparations using a copper based mercury film electrode. *Biochem. Mol. Biol.* 16: 545-551, 1997

Diagrama Existencia Predominio para el sistema Cu^{2+} - SCN^- - NH_3 - Ac^- - H_2O a $\text{pSCN}'=0.8815$, $\text{pNH}_3'=0.8815$ y $\text{pAc}'=1.2154$

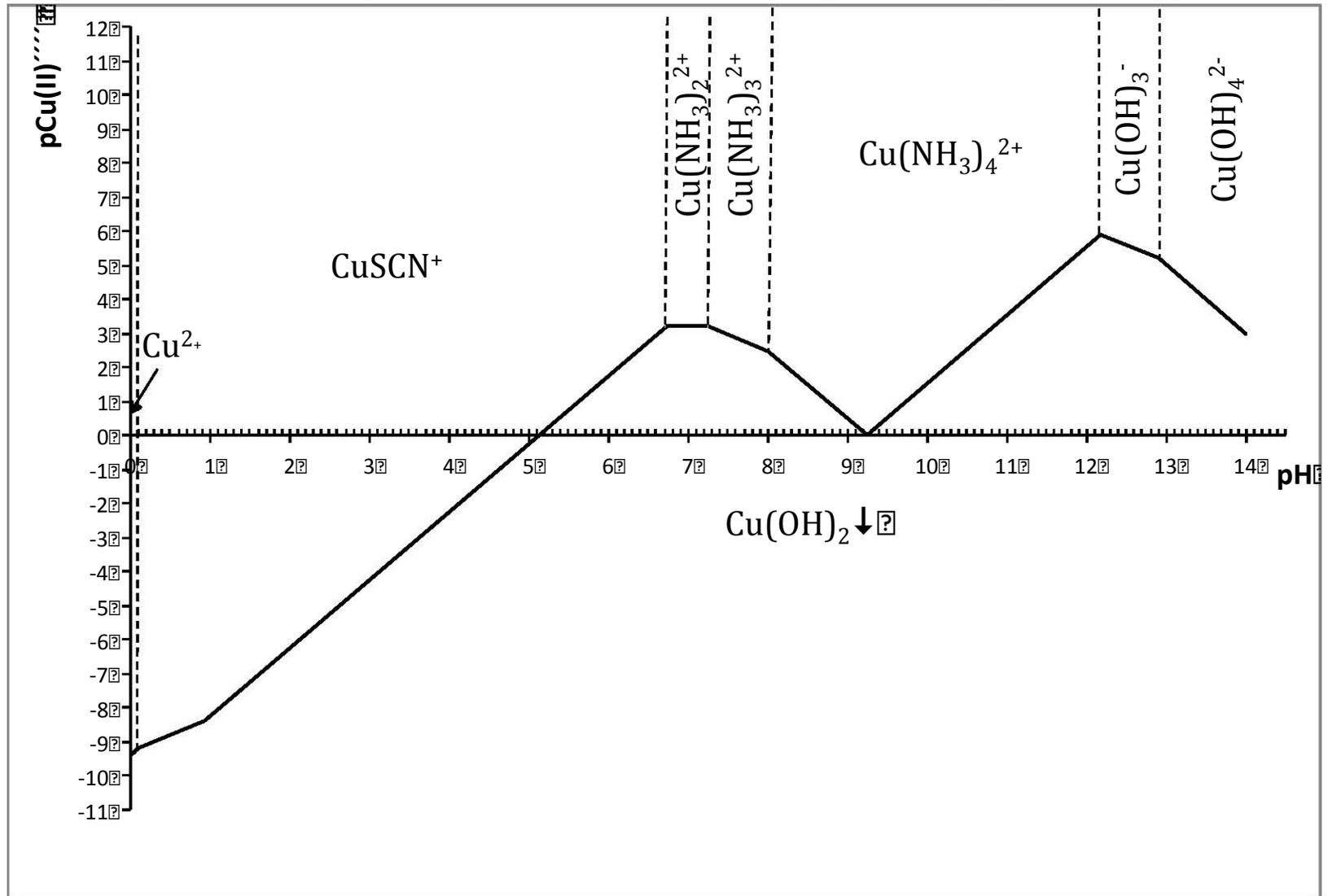
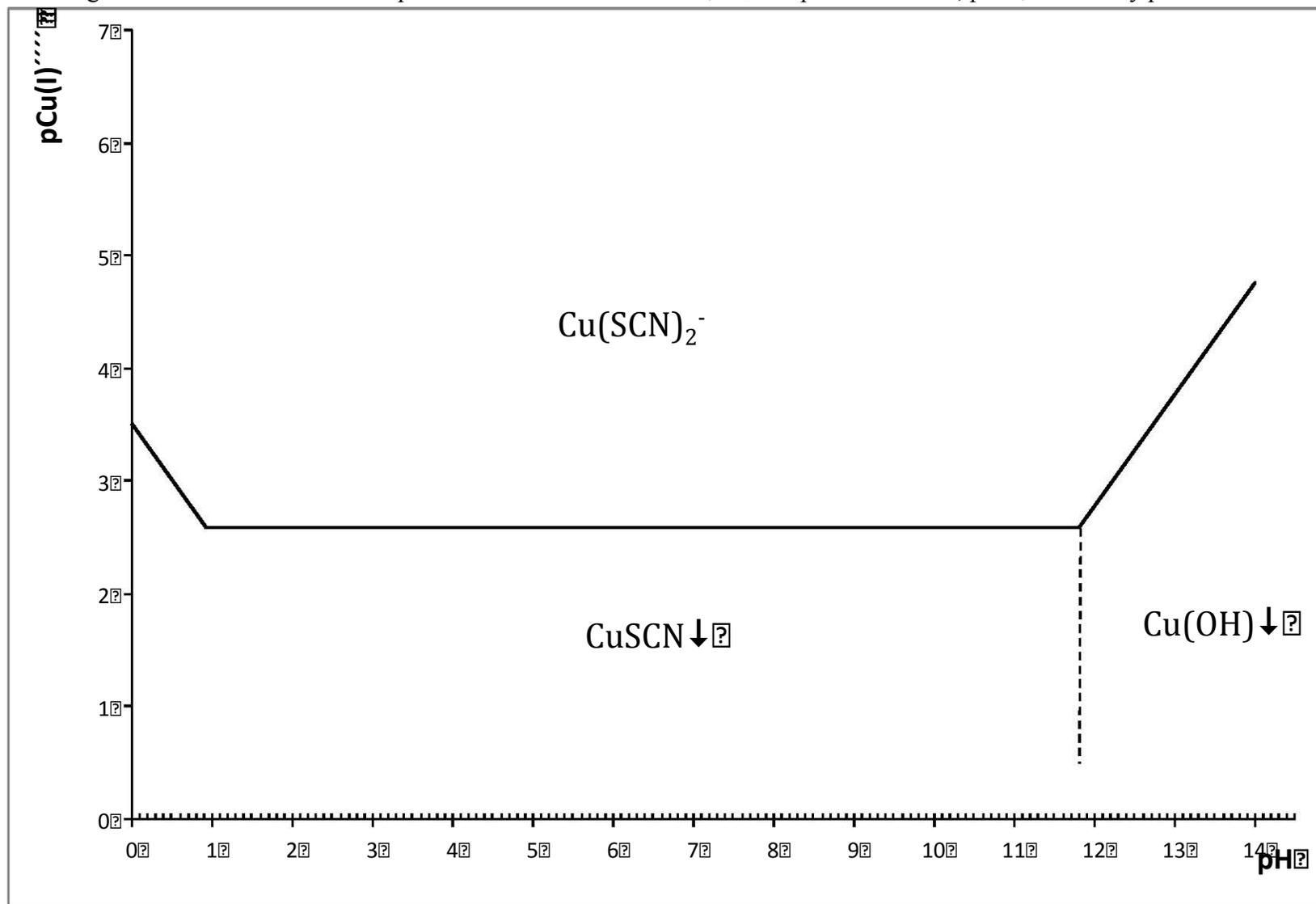


Diagrama Existencia Predominio para el sistema $\text{Cu}^+ - \text{SCN}^- - \text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ a $\text{pSCN}' = 0.8815$, $\text{pNH}_3' = 0.8815$ y $\text{pAc}' = 1.2154$





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA
HOJA DE SEGURIDAD



Nombre: Acetato de sodio		Sinónimos: Acetato de sodio anhidro, ácido acético, sal de sodio.	
Propiedades físicas y químicas		Código NFPA	Identificación de riesgos
Fórmula química: Peso molecular: Apariencia física: Olor: Solubilidad: Densidad: Punto de autoignición: Punto de fusión:	$C_2H_3NaO_2$ 82.03 g/mol Cristales blancos e higroscópicos Leve olor a ácido acético 1190 g/L @20 °C 1.53 607 °C (1124.6 °F) 324 °C		 Sustancias irritantes
Efectos para la salud		Primeros auxilios	
Inhalación: irritación en el tracto respiratorio. Síntomas: tos, dolor de garganta, dificultad para respirar, dolor torácico. Ingestión: grandes dosis pueden producir dolor abdominal, náuseas y vómito. Contacto con los ojos: irritación con enrojecimiento y dolor. Contacto con la piel: irritación, enrojecimiento y dolor.		Inhalación: llevar a la víctima a un lugar fresco, obtener atención médica. Ingestión: beber agua para diluir el químico, buscar ayuda médica si la ingestión fue alta. Contacto con los ojos: lavar con agua por 15 minutos, elevando los párpados para remover el químico. Si hay irritación, acudir al médico. Contacto con la piel: lavar por 15 minutos con agua, lavar ropa contaminada antes de usarla, buscar ayuda médica si hay irritación.	
Estabilidad y reactividad		Protección personal	
Estabilidad: Estable bajo condiciones normales de uso y almacenamiento. Incompatibilidades: HNO ₃ , fluoruro, KNO ₃ , oxidantes fuertes y dicetonas. Condiciones a evitar: calor, llamas, fuentes de ignición. Productos de descomposición: emisión de gases de ácido acético en combustión y en contacto con ácidos fuertes.		Sistema de ventilación: ventilación local y/o general Respiradores personales: respirador de partículas Protección de la piel: guantes de protección y ropa que cubra el completamente el cuerpo Protección de los ojos: gafas de protección, tener un sistema de lavado de ojos y regaderas de emergencia	
Medidas para extinción de incendios		Control de exposición	
Fuego: combustible, puede ser un peligro de incendio cuando se expone a temperaturas elevadas o a una fuente de ignición. Explosión: el polvo fino en grandes concentraciones en presencia de una fuente de ignición es un riesgo potencial de explosión. Medios de extinción de incendios: agua pulverizada, polvo químico seco, espuma de alcohol o dióxido de carbono.		No establecido	
Manejo y almacenamiento		Información toxicológica	
Mantener en un recipiente hermético, almacenar en un lugar fresco, seco y ventilado. Proteger de daño físico, aislar de fuentes de calor e ignición.		DL50 oral en ratas: 3530 mg/kg CL50 inhalación ratas: >30 mg/m ³ LD50 piel de conejos: >10 mg/kg	

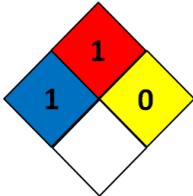


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA
HOJA DE SEGURIDAD



Nombre: Ácido ascórbico

Sinónimos: Acido L-ascórbico, Vitamina C

Propiedades físicas y químicas		Código NFPA	Identificación de riesgos
Fórmula química: C ₆ H ₈ O ₆ Peso molecular: 176.13 g/mol Apariencia física: Polvo cristalino color blanco Olor: Inodoro Solubilidad: 333 g/L @ 20°C Gravedad específica: 0.95 g/cm ³ @ 20°C Punto de ebullición: N/D Punto de fusión: 191 °C		N/D	
Efectos para la salud		Primeros auxilios	
Inhalación: puede causar irritación moderada del tracto respiratorio. Ingestión: dosis altas orales pueden causar disturbios gastrointestinales. Contacto con los ojos: no produce irritaciones fuertes Contacto con la piel: no produce irritación	Inhalación: reposo, respirar aire fresco Ingestión: lavar la boca y beber posteriormente abundante agua Contacto con los ojos: lavar a fondo durante 15 minutos con agua corriente y los párpados abiertos Contacto con la piel: lavar abundantemente con agua y jabón		
Estabilidad y reactividad		Protección personal	
Estabilidad: estable en condiciones ordinarias de uso y almacenamiento. Las soluciones acuosas son rápidamente oxidadas por el aire. Incompatibilidades: oxidantes fuertes, álcalis, hierro, cobre, salicilato de sodio, nitrito de sodio Condiciones a evitar: incompatibles Productos de descomposición: puede producir humos acres y vapores irritantes cuando se calienta hasta la descomposición.	Sistema de ventilación: ventilación local y general Respiradores personales: filtro de partículas con baja eficacia para partículas sólidas Protección de la piel: Guantes de protección resistentes a productos químicos Protección de los ojos: gafas protectoras con protección lateral		
Medidas para extinción de incendios		Control de exposición	
Fuego: Al igual que con la mayoría de los sólidos orgánicos, es posible que se produzca incendio a temperaturas elevadas o por contacto con una fuente de encendido. Medios de extinción de incendios: gua, dióxido de carbono, medios de extinción en seco	No establecido		
Manejo y almacenamiento		Información toxicológica	
Proteger de la luz. Consérvese el recipiente bien cerrado y en lugar fresco.	DL50 rata (ingestión): > 5.000 mg/kg		DL50 ratas (dérmica): > 2.000 mg/kg



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
 SECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA
 HOJA DE SEGURIDAD



Nombre: Hidróxido de sodio

Sinónimos: Soda cáustica anhidra, soda cáustica en escamas, cáustico blanco, lejía, hidrato de sodio.

Propiedades físicas y químicas		Código NFPA	Identificación de riesgos
Fórmula química: NaOH Peso molecular: 40 g/mol Apariencia física: Sólido blanco en forma de escamas Olor: Inodoro Solubilidad: Soluble en agua, alcohol y glicerol Gravedad específica: 2.3 @ 25°C Punto de ebullición: 1390 °C Punto de fusión: 318 °C			<p>Sustancias corrosivas</p>
Efectos para la salud		Primeros auxilios	
Inhalación: irritación, estornudos, dolor de garganta, escurrimiento nasal. Ingestión: quemaduras, lesiones tisulares, sangrado, vómito, diarrea, baja presión, muerte. Contacto con los ojos: irritación, enrojecimiento, lagrimeo, dolor. Contacto con la piel: irritación y quemaduras		Inhalación: llevar a la víctima a un lugar fresco, obtener atención médica. Ingestión: Lavar la boca con abundante agua, no induzca el vómito. Buscar atención médica. Contacto con los ojos: lavar con agua por 15 minutos, elevando los párpados para remover el químico. Si hay irritación, acudir al médico. Contacto con la piel: lavar por 15 minutos con agua y jabón, lavar ropa contaminada antes de usarla, buscar ayuda médica.	
Estabilidad y reactividad		Protección personal	
Estabilidad: Estable bajo condiciones normales de uso y almacenamiento. Incompatibilidades: Ácidos, halógenos orgánicos, compuestos nitro, Al, Mg, Sn, Zn. Condiciones a evitar: calor, llamas, humedad e incompatibles Productos de descomposición: al calentar puede liberar óxido de sodio		Sistema de ventilación: ventilación local y/o general Respiradores personales: Utilizar un respirador con filtros aprobados por NIOSH. Protección de la piel: Utilizar guantes resistentes a reactivos químicos. Protección de los ojos: Utilizar gafas o googles.	
Medidas para extinción de incendios		Control de exposición	
Medios de extinción de incendios: no usar agua.		No establecido	
Manejo y almacenamiento		Información toxicológica	
Almacenar en un lugar seco y ventilado. Alejar de calor y llamas.		DL50 oral en conejos: 0.5 g/kg (solución al 10%)	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA
HOJA DE SEGURIDAD



Nombre: Sulfato de cobre pentahidratado

Sinónimos: Vitriolo azul, piedra azul, vitriolo romano, sulfato cúprico

Propiedades físicas y químicas		Código NFPA	Identificación de riesgos
Fórmula química: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ Peso molecular: 249.6 g/mol Apariencia física: Gránulos cristalinos color azul Olor: Inodoro Solubilidad: Soluble en agua y metanol. Densidad relativa: 2.28 @ 20 °C Punto de ebullición: Se descompone a 653 °C Punto de fusión: 150 °C			<p>Sustancias irritantes</p>
Efectos para la salud		Primeros auxilios	
Inhalación: irritación en nariz, garganta, sistema respiratorio, congestión, paro respiratorio Ingestión: Malestar estomacal, náuseas, vómitos, dolores gástricos, gastritis hemorrágica, diarrea, convulsiones y colapso. Contacto con los ojos: El polvo puede causar irritación en los ojos y conjuntivitis. Contacto con la piel: irritación.	Inhalación: llevar a la víctima a un lugar fresco, obtener atención médica. Ingestión: lavar la boca con agua, no inducir vómito, buscar atención médica. Contacto con los ojos: lavar con agua por 15 minutos, elevando los párpados para remover el químico. Si hay irritación, acudir al médico. Contacto con la piel: lavar por 15 minutos con agua y jabón, lavar ropa contaminada antes de usarla, buscar ayuda médica.		
Estabilidad y reactividad		Protección personal	
Estabilidad: Estable bajo condiciones normales Incompatibilidades: puede reaccionar con hidroxilamina y magnesio Condiciones a evitar: Productos de descomposición:	Sistema de ventilación: ventilación local y/o general Respiradores personales: equipo de respiración autónomo Protección de la piel: guantes protectores impermeables Protección de los ojos: gafas de seguridad		
Medidas para extinción de incendios		Control de exposición	
Fuego: Por encima de 400°C puede desprender gases tóxicos de SOx. Explosión: No es combustible. Los contenedores cerrados pueden romperse cuando se calientan a más de 110°C debido a la evaporación de agua. Medios de extinción de incendios: No es combustible. Se pueden usar la mayoría de agentes extintores	No establecido		
Información toxicológica		Manejo y almacenamiento	
DL50 oral en ratas: 0.3 g/kg	Lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor e ignición. Separado de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente y mantenerlos bien cerrados.		

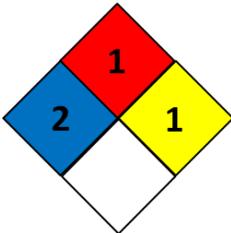


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
 SECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA
 HOJA DE SEGURIDAD



Nombre: Tiocianato de amonio

Sinónimos: N/D

Propiedades físicas y químicas	Código NFPA	Identificación de riesgos
<p>Fórmula química: NH₄SCN Peso molecular: 76.06 g/mol Apariencia física: Cristales blancos higroscópicos Olor: Suave Solubilidad: 128 g/100g de agua Densidad: 1.03 g/cm³ Punto de ebullición: N/D Punto de fusión: N/D</p>		 Sustancias irritantes
Efectos para la salud	Primeros auxilios	
<p>Inhalación: irritación de vías respiratorias Ingestión: náuseas e irritación del tracto digestivo Contacto con los ojos: irritación de la córnea puede ocasionar conjuntivitis Contacto con la piel: irritación de la piel</p>	<p>Inhalación: llevar a la víctima a un lugar fresco, obtener atención médica. Ingestión: beber abundante agua, no inducir vómito, buscar atención médica. Contacto con los ojos: lavar con agua. Si hay irritación, acudir al médico. Contacto con la piel: lavar con agua y jabón, lavar ropa contaminada, buscar ayuda médica.</p>	
Estabilidad y reactividad	Protección personal	
<p>Estabilidad: Estable bajo condiciones normales Incompatibilidades: nitratos, ácido nítrico, peróxidos orgánicos, clorato de sodio y potasio Condiciones a evitar: reaccionantes con agua habituales Productos de descomposición: Puede generar humos tóxicos de amoniaco, tiocianatos, óxidos nitrosos y óxidos sulfurados.</p>	<p>Sistema de ventilación: ventilación local y/o general Respiradores personales: protección contra vapores Protección de la piel: guantes de caucho de nitrilo Protección de los ojos: gafas de seguridad</p>	
Medidas para extinción de incendios	Control de exposición	
<p>Fuego: No combustible Explosión: N/D Medios de extinción de incendios: agua, polvo químico ABC, anhídrido carbónico o espuma.</p>	<p>No establecido</p>	
Manejo y almacenamiento	Información toxicológica	
<p>Frasco cerrado, sin restricción de temperatura de almacenamiento</p>	<p>DL50 oral en ratas: N/D CL50 inhalación ratas: N/D LD50 piel de conejos: N/D</p>	

V. CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se ha tratado lo relacionado a la propuesta de tres prácticas de laboratorio que podrían ser tomadas en cuenta para formar parte de un manual de la asignatura de química analítica II para la carrera de ingeniería química del plan 2012.

El objetivo general, es el de proponer las prácticas; objetivo que fue cumplido, ya que éstas actividades experimentales refuerzan de manera práctica los conocimientos adquiridos por los estudiantes durante el curso de teoría. Esta parte está demostrada con la memoria de cálculo (Anexo C), en la cual se expone de manera sintetizada el método de cálculo para cada práctica y se hace una relación al contenido temático del programa de la asignatura.

Con el análisis comparativo hecho para los programas de los planes de estudio 2004 y 2012, quedó justificado el por qué proponer prácticas de laboratorio que son un refuerzo para el programa teórico de la asignatura; las cuales son, separación de dos iones metálicos, Al (III) y Mg (II), mediante precipitación selectiva bajo dos condiciones de amortiguamiento: pNH_3' y pH; determinación espectrofotométrica de Cu (II) con EDTA en medio de doble amortiguamiento: pH y pGlicina; y valoración potenciométrica de una muestra comercial de ácido ascórbico con Cu (II) en medio amortiguado de pH y pSCN'.

Las prácticas propuestas fueron probadas y por lo tanto los alumnos las pueden realizar sin problemas. Otro punto importante en los laboratorios de química analítica, es el tiempo, las prácticas se pueden llevar a cabo en el tiempo estipulado para la clase experimental y también para la explicación relacionada a la práctica a realizar, que es de 4 horas a la semana.

Con las prácticas propuestas los alumnos aprenderán a desenvolverse de manera adecuada en el laboratorio, conociendo aplicaciones de los métodos de análisis empleados para la cuantificación o determinación de especies en laboratorios industriales o de análisis.

Cada práctica cuenta con los siguientes elementos: introducción, actividades previas, parte experimental, tabla de recolección de resultados, diagrama ecológico para el tratamiento y disposición de residuos, puntos mínimos para la elaboración del informe, bibliografía y anexos. Estos puntos están establecidos en el formato FITG-FESC-01-03, con número de revisión 0, del Departamento de Certificación; esto con el fin de asegurar que las prácticas propuestas cumplen con el formato del SGC, de acuerdo a la certificación de los laboratorios de la sección de química analítica; emitida por el IMNC bajo los requisitos de la norma ISO 9001-2008.

En conclusión, tanto el objetivo general como los particulares propuestos para este trabajo de tesis se cumplieron; con lo cual solo resta que algún día éstas propuestas de prácticas sean tomadas en cuenta y formen parte de un manual de laboratorio para la asignatura de química analítica II.

VI. GLOSARIO

Glosario de términos

Absortividad. Característica de una sustancia que indica cuánta luz absorbe a una longitud de onda determinada.

Agente complejante. Ligando que se usa en mayor concentración que el metal que va a complejar, su uso es para evitar la precipitación de un metal para luego valorarlo, la mayoría de las veces, con EDTA. Una característica del complejo que forma con el metal es que la constante de formación del complejo sea menor que la constante de formación de del metal con EDTA.

Constante de solubilidad (Kps). También conocido como producto de solubilidad o producto iónico, es la constante de equilibrio de la reacción de disolución de un sólido salino, que origina que sus iones pasen a la disolución.

Diagrama de distribución de especies. Gráfico de la fracción de cada especie en función de un pPartícula.

Diagrama tipo Pourbaix. Diagrama de E condicional en función del pL que representa el estado de equilibrio entre fases de un sistema electroquímico en fase acuosa.

Diferencia de potencial eléctrico (E). Medida de trabajo entre dos puntos que es necesario hacer (o realizar) cuando una carga eléctrica se mueve de un punto al otro. Se mide en voltios (V).

Espectro de absorción. Gráfico de la absorbancia en función de la longitud de onda que representa la fracción de la radiación electromagnética incidente que un material absorbe en una rango de longitudes de onda.

Estándar primario. Reactivo analítico que cumple con características tales como pureza elevada, estabilidad al aire y al calentamiento, preferentemente de elevada masa molar y que no sea higroscópico por lo que, su concentración en solución acuosa puede conocerse con exactitud a partir de la cantidad pesada y el volumen que volumétricamente esta disuelta.

Estandarización. Proceso por el cual se conoce la concentración de una solución por medio de la titulación de ésta con un patrón primario o secundario, en presencia de un indicador.

Indicador metalocrómico. También conocido como indicador de ion metálico. Este tipo de indicadores son compuestos orgánicos coloreados que forman quelatos (complejos) coloreados con los iones metálicos. Algunos ejemplos son el negro de eriocromo T, calmagita, murexida, anaranjado de xilenol, piridilazonaftol (PAN) y violeta de pirocatecol.

Longitud de onda. La distancia existente entre dos crestas o valles consecutivos.

Precipitación selectiva. Técnica en la que dos o más iones en solución, todos capaces de precipitar con un reactivo común, se separan. La condición principal para que se lleve a cabo este tipo de precipitación es que exista una diferencia significativa entre las solubilidades de la sustancia a separar. La adición del reactivo precipitante debe ser lenta para lograr una mejor precipitación.

Glosario de siglas

EDTA. Ácido etilendiamin tetracético (por sus siglas en inglés, ethylenediaminetetraacetic acid).

FESC. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

IMNC. Instituto Mexicano de Normalización y Certificación.

IQ. Ingeniería química

ISO. Organización Internacional para la Estandarización (por sus siglas en inglés, International Organization for Standardization. Se usa “ISO” como una derivación del griego *ἴσος* (igual), adoptada por la organización).

NFPA. Asociación Nacional de Protección contra el fuego (por sus siglas en inglés, National Fire Protection Association).

SGC. Sistema de gestión de calidad.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Burriel F. (1998) Química analítica cualitativa (18 ed.) España Parainfo Thompson
2. Harris D.C. (2002) Análisis químico cuantitativo (2 ed.) España
3. Martell E., Smith R. (1989) Critical stability constants (Vol. 6) USA Plenum Press
4. Ringbom A. (1979) Formación de complejos en química analítica (1 ed.) España Alhambra
5. Trémillon, B. (1997) Reactions in solution USA John Wiley & Sons
6. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Descripción sintética del plan de estudios, Licenciatura de Ingeniería química. 2004
7. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Presentación del proyecto de actualización del plan y programas de estudio de la licenciatura en ingeniería química. 2012.
8. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, cronograma de la materia: Química analítica II. 2004
9. Recertifica IMNC 65 laboratorios de FES Cuautitlán, Boletín informativo DED-2010-17, Departamento de Prensa y Difusión. 2010.

ANEXO A

FITG-FESC-01-03

El formato FITG-FESC-01-03 se divide en las siguientes partes:

1. Portada
2. Contenido
3. Contenido de cada práctica
4. Contenido del proyecto
5. Reglas mínimas de seguridad en el laboratorio
6. Requisitos de publicación

De este formato, la parte citada en la página 4 hace referencia al punto 3 relativo al contenido de cada práctica, el cual se presenta a continuación.

3. CONTENIDO DE CADA PRÁCTICA	CUMPLE O NO CUMPLE (SI/NO)
3.1 PRÁCTICA No. ____ "TÍTULO"	
3.2 INTRODUCCIÓN	
3.3 OBJETIVO(S)	
3.4 ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA	
3.5 EQUIPO(S), REACTIVO(S) Y MATERIAL(ES), (donde aplique)	
3.6 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	
3.7 ORIENTACIONES PARA EL TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS (donde aplique)	
3.8 TABLAS DE RESULTADOS EXPERIMENTALES (para ser llenados por los Estudiantes; Consideración de tablas numéricas, variables de estudio, observaciones, esquemas, diagramas, etc.)	
3.9 INSTRUCCIONES PARA LA ELABORACIÓN DEL REPORTE	
3.10 BIBLIOGRAFÍA (Puede ser general o por cada práctica de Laboratorio). Se dará la ficha completa.	
3.11 ANEXOS	

No se coloca el punto 3.1, ya que las prácticas propuestas aún no son parte de un manual definido.

ANEXO B

PROGRAMAS DE ESTUDIO DE LA ASIGNATURA DE QUÍMICA ANALÍTICA II PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**Programa de la asignatura de química
analítica II
plan 2004**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

CRONOGRAMA DE LA MATERIA: QUÍMICA ANALÍTICA II, QUE CURSARÁN LOS ALUMNOS DE QUINTO SEMESTRE
DE INGENIERÍA QUÍMICA, HORAS/SEMANA : **6 (2 TEÓRICAS / 4 PRÁCTICAS)** CRÉDITOS : **8**
ÓRGANO INTERNO QUE COORDINA EL PROGRAMA DE LA ASIGNATURA: **DEPARTAMENTO DE QUÍMICA. SECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA**

CAMPO: **PROFESIONAL**

CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: **OBLIGATORIA**

QUÍMICA ANALÍTICA I. ESTUDIO DE LAS INTERACCIONES SIMULTÁNEAS DE EQUILIBRIOS ÁCIDO-BASE, COMPLEJACIÓN, PRECIPITACIÓN Y REDOX

OBJETIVO GENERAL DEL CURSO.

AL FINALIZAR EL CURSO EL ALUMNO DEBERÁ SER CAPAZ DE :

ESCRIBIR LOS MODELOS MATEMÁTICOS QUE CARACTERIZAN LAS INTERACCIONES SIMULTÁNEAS DE LOS EQUILIBRIOS ÁCIDO-BASE, COMPLEJACIÓN, PRECIPITACIÓN Y ÓXIDO-REDUCCIÓN; CALCULAR LAS CONCENTRACIONES DE LAS ESPECIES QUÍMICAS PARTICIPANTES, CONSTRUIR LOS DIAGRAMAS DE ZONAS DE PREDOMINIO Y ESPECIFICAR LA FORMA EN QUE DICHOS DIAGRAMAS PUEDEN USARSE PARA APLICACIONES TECNOLÓGICAS COMO LA PROTECCIÓN ELECTROQUÍMICA ANTICORROSIVA.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

AL FINALIZAR EL CURSO EL ALUMNO DEBERÀ SER CAPAZ DE:

- EXPLICAR LAS CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE LAS INTERACCIONES SIMULTÁNEAS DE EQUILIBRIOS ÁCIDO-BASE, COMPLEJACIÓN, PRECIPITACIÓN Y ÓXIDO-REDUCCIÓN, Y ESCRIBIR LAS ECUACIONES QUE REPRESENTAN LOS EQUILIBRIOS DE DICHAS INTERACCIONES Y CALCULAR LAS CONCENTRACIONES DE LAS ESPECIES QUÍMICAS PARTICIPANTES.
- EXPLICAR LA FORMA EN QUE LA CONDICIÓN DE AMORTIGUAMIENTO (O AMORTIGUAMIENTO MÚLTIPLE) PERMITE REDUCIR EL NÚMERO DE ECUACIONES DE EQUILIBRIO HASTA LLEGAR A UNA ECUACIÓN QUÍMICA REPRESENTATIVA.
- APLICAR ESCALAS BAJO CONDICIONES DE AMORTIGUAMIENTO EN LA PREDICCIÓN DE REACCIONES.
- APLICAR DIAGRAMAS DE:
 - ZONAS DE PREDOMINIO,
 - DIAGRAMAS DE EXISTENCIA-PREDOMINIO,
 - DIAGRAMAS DE POURBAIX Y
 - DIAGRAMAS DE POURBAIX BAJO AMORTIGUAMIENTO MÚLTIPLE

EN:

- LA PREDICCIÓN DE REACCIONES,
 - EL CÁLCULO DE LAS CONSTANTES CONDICIONALES,
 - LA SELECCIÓN DE LAS CONDICIONES PARA EFECTUAR VALORACIONES,
 - LA SEPARACIÓN DE IONES POR PRECIPITACIÓN,
 - EL USO DE ELECTRODOS,
 - EL ATAQUE DE MUESTRAS Y EN
 - LA COMPRESIÓN Y RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE CORROSIÓN.
- EXPLICAR LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES DE TÉCNICAS Y MÉTODOS DE ANÁLISIS QUÍMICO QUE OCURRAN BAJO CONDICIONES DE AMORTIGUAMIENTO.

• QUÍMICA ANALÍTICA II. ESTUDIO DE LAS REACCIONES QUÍMICAS DE INTERCAMBIO SIMULTÁNEO DE DIFERENTES PARTÍCULAS EN MEDIOS AMORTIGUADOS DE DISOLUCIONES ACUOSAS.

CRONOGRAMA :

No. de sesión	T E M A :	OBJETIVOS AL FINALIZAR LA CLASE, EL ALUMNO DEBERÁ SER CAPAZ DE :	REFERENCIA BIBLIOGRAFIC
1	I. INTRODUCCIÓN. 1.1 IMPORTANCIA DE LA QUÍMICA ANALÍTICA II EN LA INGENIERÍA QUÍMICA. 1.2 EJEMPLOS DE SISTEMAS QUE SE ANALIZARÁN EN EL CURSO DE QUÍMICA ANALÍTICA II Y SUS APLICACIONES EN LA INGENIERÍA QUÍMICA. II. REACCIONES QUÍMICAS HOMOGÉNEAS BAJO CONDICIONES DE AMORTIGUAMIENTO 2.1 INTERACCIÓN SIMULTÁNEA ENTRE LOS EQUILIBRIOS ÁCIDO-BASE Y DE COMPLEJACIÓN. 2.1.1 DEFINICIÓN DE ESPECIES GENERALIZADAS Y EQUILIBRIOS GENERALIZADOS	<ul style="list-style-type: none"> • EXPLICAR LA IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE REACCIONES QUÍMICAS DE INTERCAMBIO SIMULTÁNEO DE VARIAS PARTÍCULAS EN MEDIOS AMORTIGUADOS. • EXPLICAR Y SUBRAYAR LA IMPORTANCIA DEL CURSO DE QUÍMICA ANALÍTICA II EN LA FORMACIÓN PROFESIONAL DEL INGENIERO QUÍMICO • EXPLICAR LA INTERACCIÓN SIMULTÁNEA QUE PRESENTAN LOS EQUILIBRIOS ÁCIDO-BASE Y DE COMPLEJACIÓN. 	
2	EJERCICIOS.		
3	2.2 AMORTIGUAMIENTO. 2.2.1 EL FENÓMENO DE AMORTIGUAMIENTO. 2.2.2 DEFINICIÓN DE LA CONSTANTE CONDICIONAL. 2.2.3 ECUACIÓN QUÍMICA REPRESENTATIVA. 2.3 EJEMPLOS. DIAGRAMAS DE ZONAS DE PREDOMINIO BIDIMENSIONALES Y PREDICCIÓN DE REACCIONES. 2.3.1 METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS DIAGRAMAS DE ZONAS DE PREDOMINIO BIDIMENSIONALES. 2.3.2 PREDICCIÓN DE REACCIONES. 2.3.3 ENMASCARAMIENTO. 2.3.4 EJEMPLOS.	<ul style="list-style-type: none"> • EXPLICAR EL AMORTIGUAMIENTO COMO UNA FORMA DE REDUCIR EL NÚMERO DE ECUACIONES QUÍMICAS HASTA LLEGAR A UNA ECUACIÓN QUÍMICA REPRESENTATIVA QUE TIENE ASOCIADA UNA CONSTANTE CONDICIONAL. • APLICAR LOS DIAGRAMAS DE ZONAS DE PREDOMINIO BIDIMENSIONALES EN LA DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN QUÍMICA REPRESENTATIVA, LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA CONSTANTE CONDICIONAL Y LAS CONDICIONES MÁS ADECUADAS PARA REALIZAR LAS VALORACIONES ÁCIDO-BASE Y COMPLEJOMÉTRICAS BAJO CONDICIONES DE AMORTIGUAMIENTO. 	
4	PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 1	•	
5	2.4 VALORACIONES ÁCIDO-BASE Y COMPLEJOMÉTRICAS BAJO CONDICIONES DE AMORTIGUAMIENTO, SEGUIDAS POR POTENCIOMETRÍA Y ESPECTROFOTOMETRÍA. SELECCIÓN DE INDICADORES ÁCIDO-BASE Y METALOCRÓMICOS PARA LA DETECCIÓN DEL PUNTO DE EQUIVALENCIA.	<ul style="list-style-type: none"> • CONSTRUIR LAS CURVAS TEÓRICAS DE VALORACIÓN ÁCIDO-BASE Y COMPLEJOMÉTRICAS BAJO CONDICIONES DE AMORTIGUAMIENTO, SEGUIDAS POR POTENCIOMETRÍA Y ESPECTROFOTOMETRÍA. • SELECCIONAR LOS INDICADORES METALOCRÓMICOS Y ÁCIDO-BASE PARA LA DETECCIÓN DEL PUNTO DE EQUIVALENCIA DE VALORACIONES VOLUMÉTRICAS EN MEDIOS AMORTIGUADOS. 	
6	PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 2	•	
7	2.5 EJEMPLOS DE VALORACIONES ÁCIDO-BASE Y COMPLEJOMÉTRICAS BAJO CONDICIONES DE AMORTIGUAMIENTO.	<ul style="list-style-type: none"> • CONSTRUIR LAS CURVAS TEÓRICAS DE VALORACIÓN ÁCIDO-BASE Y COMPLEJOMÉTRICAS BAJO CONDICIONES DE AMORTIGUAMIENTO, SEGUIDAS POR POTENCIOMETRÍA Y ESPECTROFOTOMETRÍA. • SELECCIONAR LOS INDICADORES METALOCRÓMICOS Y ÁCIDO-BASE PARA LA DETECCIÓN DEL PUNTO DE EQUIVALENCIA DE VALORACIONES VOLUMÉTRICAS EN MEDIOS AMORTIGUADOS. 	
8	PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 3	•	

9	III. SOLUBILIDAD Y REACCIONES DE PRECIPITACIÓN BAJO CONDICIONES DE AMORTIGUAMIENTO 3.1 SOLUBILIDAD ASOCIADA A ESPECIES GENERALIZADAS 3.1.1 DEFINICIÓN DE SOLUBILIDAD ASOCIADA A ESPECIES GENERALIZADAS 3.1.2 EQUILIBRIOS GENERALIZADOS DE SOLUBILIDAD Y PRECIPITACIÓN.	<ul style="list-style-type: none"> • CUANTIFICAR LA INTERACCIÓN SIMULTÁNEA QUE PRESENTAN LOS EQUILIBRIOS ÁCIDO-BASE Y DE COMPLEJACIÓN SOBRE LA SOLUBILIDAD Y LAS REACCIONES DE PRECIPITACIÓN. 	
10	PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 4		
11	3.2 AMORTIGUAMIENTO 3.2.1 SOLUBILIDAD ASOCIADA A UNA ESPECIE QUÍMICA REPRESENTATIVA. 3.2.2 REACCIONES DE PRECIPITACIÓN EN MEDIOS AMORTIGUADOS.	<ul style="list-style-type: none"> • CARACTERIZAR CUANTITATIVAMENTE EL AMORTIGUAMIENTO PARA LLEGAR A UNA SOLUBILIDAD ASOCIADA A UNA ESPECIE REPRESENTATIVA Y A UNA ECUACIÓN QUÍMICA REPRESENTATIVA DE PRECIPITACIÓN QUE TIENE ASOCIADA UNA CONSTANTE CONDICIONAL. 	
12	PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 5		
13	3.3 DIAGRAMAS DE EXISTENCIA-PREDOMINIO. 3.3.1 USO DE DIAGRAMAS DE EXISTENCIA-PREDOMINIO EN LA SEPARACIÓN DE IONES POR PRECIPITACIÓN Y EN LA PREDICIÓN DE REACCIONES DE PRECIPITACIÓN. 3.3.2 ENMASCARAMIENTO 3.4 CURVAS DE VALORACIÓN PARA REACCIONES DE PRECIPITACIÓN EN MEDIOS AMORTIGUADOS	<ul style="list-style-type: none"> • APLICAR LOS DIAGRAMAS DE EXISTENCIA-PREDOMINIO BIDIMENSIONALES EN LAS TÉCNICAS DE SEPARACIÓN DE IONES POR PRECIPITACIÓN • ESTABLECER LAS CONDICIONES PARA EFECTUAR VALORACIONES POR PRECIPITACIÓN CUANTITATIVAS EN MEDIOS AMORTIGUADOS 	
14	PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 6		
15	3.5 EJEMPLOS DE CONSTRUCCIÓN DE CURVAS DE VALORACIÓN PARA REACCIONES DE PRECIPITACIÓN EN MEDIOS AMORTIGUADOS	<ul style="list-style-type: none"> • REALIZAR LOS CÁLCULOS NECESARIOS PARA CONSTRUIR LAS CURVAS TEÓRICAS DE VALORACIÓN POR PRECIPITACIÓN EN MEDIOS AMORTIGUADOS Y PREDECIR LOS VOLUMENES CORRESPONDIENTES A LOS PUNTOS DE EQUIVALENCIA. 	
16	PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 7		
17	IV. REACCIONES DE ÓXIDO-REDUCCIÓN BAJO CONDICIONES DE AMORTIGUAMIENTO 4.1 EQUILIBRIOS ÓXIDO-REDUCCIÓN GENERALIZADOS 4.1.1 DEFINICIÓN DE POTENCIALES ESTÁNDAR CONDICIONALES Y DE POTENCIALES CONDICIONALES 4.1.2 AMORTIGUAMIENTO. 4.1.3 ECUACIONES REPRESENTATIVAS DE ÓXIDO-REDUCCIÓN.	<ul style="list-style-type: none"> • EXPLICAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LA INTERACCIÓN SIMULTÁNEA QUE PRESENTAN LOS EQUILIBRIOS ÁCIDO-BASE, DE COMPLEJACIÓN, DE SOLUBILIDAD Y PRECIPITACIÓN SOBRE LOS EQUILIBRIOS DE ÓXIDO-REDUCCIÓN, Y ESTABLECER LOS MODELOS MATEMÁTICOS CORRESPONDIENTES. • EXPLICAR LAS CARACTERÍSTICAS DEL AMORTIGUAMIENTO COMO UNA FORMA DE LLEGAR A UNA ECUACIÓN QUÍMICA REPRESENTATIVA DE ÓXIDO-REDUCCIÓN QUE TENGA ASOCIADA UNA CONSTANTE CONDICIONAL. 	
18	PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 8		
19	4.2 DIAGRAMAS DE POURBAIX Y DE TIPO POURBAIX BAJO AMORTIGUAMIENTO MÚLTIPLE 4.2.1 CONSTRUCCIÓN DE DIAGRAMAS DE POURBAIX 4.2.2 CONSTRUCCIÓN DE DIAGRAMAS TIPO POURBAIX BAJO AMORTIGUAMIENTO MÚLTIPLE 4.2.3 ESTABILIZACIÓN Y DESESTABILIZACIÓN DE ESTADOS DE OXIDACIÓN POR EFECTO DE AMORTIGUAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> • CONSTRUIR Y UTILIZAR LOS DIAGRAMAS DE POURBAIX SIMPLES Y BAJO AMORTIGUAMIENTO MÚLTIPLE EN LA PREDICCIÓN DE ZONAS DE PREDOMINIO. 	
20	PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 9		

21	4.3 ELECTRODOS INDICADORES DE SEGUNDO Y TERCER TIPO 4.3.1 CARACTERÍSTICAS Y SELECCIÓN DE ELECTRODOS INDICADORES DE SEGUNDO Y TERCER TIPO.	•UTILIZAR LOS DIAGRAMAS DE POURBAIX Y DE TIPO POURBAIX BAJO MÚLTIPLE AMORTIGUAMIENTO PARA SELECCIONAR ELECTRODOS INDICADORES DEL SEGUNDO Y TERCER TIPO.	
22	PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 10	•	
23	4.4 ATAQUE DE MUESTRAS EN MEDIOS OXIDANTES Y REDUCTORES	•UTILIZAR LOS DIAGRAMAS DE POURBAIX Y DE TIPO POURBAIX BAJO MÚLTIPLE AMORTIGUAMIENTO PARA ESPECIFICAR LAS CONDICIONES DE ATAQUE DE MUESTRAS EN MEDIOS OXIDANTES Y REDUCTORES.	
24	PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 11	•	
25	4.5 VALORACIONES DE ÓXIDO-REDUCCIÓN	• UTILIZAR LOS DIAGRAMAS DE POURBAIX Y DE TIPO POURBAIX BAJO MÚLTIPLE AMORTIGUAMIENTO PARA ESPECIFICAR LAS CONDICIONES ADECUADAS PARA EFECTUAR VALORACIONES CUANTITATIVAS	
26	PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 12	•	
27	4.6 ELEMENTOS DE REACCIONES ELECTROQUÍMICAS DE CORROSIÓN Y PROTECCIÓN QUÍMICA ANTICORROSIVA.	•UTILIZAR LOS DIAGRAMAS DE POURBAIX Y DE TIPO POURBAIX BAJO MÚLTIPLE AMORTIGUAMIENTO PARA EXPLICAR ALGUNOS FENÓMENOS DE CORROSIÓN Y ESPECIFICAR ALGUNOS MÉTODOS DE PROTECCIÓN QUÍMICA ANTICORROSIVA.	
28	PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 13	•	
29	PROYECTO	PROYECTO	
30	PROYECTO	PROYECTO	
31	PROYECTO	PROYECTO	
32	PROYECTO	PROYECTO	

PRÁCTICAS DE LABORATORIO:

SE PRETENDE MOTIVAR AL ESTUDIANTE EN LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO EXPERIMENTAL BAJO LA BASE DE UN PROGRAMA DE LABORATORIO CON UN CONJUNTO DE PRÁCTICAS PREESTABLECIDAS, PARA QUE DESPUÉS DE REALIZADAS, EL ESTUDIANTE SELECCIONE UN PROYECTO QUE LE PERMITA APLICAR SU CRITERIO PARA PROPONER UNA SOLUCIÓN A UN PROBLEMA ESPECÍFICO DE ANÁLISIS QUÍMICO CUANTITATIVO, BAJO LA GUÍA DEL PROFESOR DE LABORATORIO (DE ACUERDO AL ENFOQUE DE LA CARRERA). ESTE TIPO DE TRABAJO SE PLANTEA DE TAL FORMA QUE EL ESTUDIANTE PUEDA OBTENER UNA VISIÓN DE CONJUNTO DE LAS DIFERENTES PARTES DE L CURSO.

METODOLOGÍA DE LA ENSEÑANZA:

SE EMPLEARÁN LAS SIGUIENTES TÉCNICAS DIDÁCTICAS:

- EXPOSICIÓN ORAL DEL PROFESOR
- RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS ASESORADOS POR EL PROFESOR
- SEMINARIOS
- PROGRAMAS COMPUTACIONALES COMO UNA TÉCNICA AUXILIAR DE LA ENSEÑANZA

- PRESENTACIÓN DE MATERIAL AUDIOVISUAL PARA AUMENTAR LA COMPRESIÓN E INTERÉS A CERCA DE ALGUNOS CAPÍTULOS
- LAS ACTIVIDADES EXPERIMENTALES SE DESARROLLARÁN, DEPENDIENDO DE LA NATURALEZA DE ESTAS, EN FORMA INDIVIDUAL, EN PEQUEÑOS GRUPOS DE TRABAJO O DE MANERA DEMOSTRATIVA.

MÉTODO DE EVALUACIÓN:

SE REALIZARÁN POR LO MENOS TRES EXÁMENES PARCIALES QUE DEBEN CONTEMPLAR:

- ANÁLISIS DEDUCTIVO A NIVEL RAZONABLE
- OBTENCIÓN DE RESULTADOS NUMÉRICOS MEDIANTE EL USO DE TABLAS, GRÁFICAS Y ECUACIONES

SE SUGIERE QUE PARA LA EVALUACIÓN FINAL DEL CURSO, LA TEORÍA Y PROBLEMAS TENGA UNA PONDERACIÓN DEL 50% Y EL LABORATORIO EL OTRO 50%.

BIBLIOGRAFÍA:

ROJAS, H.A.; RAMÍREZ, M.T.

EQUILIBRIO QUÍMICO DE SOLUCIONES CON MEDIO AMORTIGUADO
COLECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA, VOL.2
FESC UNAM,

TREJO, G; ROJAS, H.A.; RAMÍREZ, M.T.

DIAGRAMAS DE ZONAS DE PREDOMINIO APLICADOS AL ANÁLISIS QUÍMICO
LIBROS DE TEXTO Y MANUALES DE PRÁCTICA
UAM-IZTAPALAPA, MÉXICO, 1990

HARRIS, D-C-

ANÁLISIS QUÍMICO CUANTITATIVO
GRUPO EDITORIAL IBEROAMÉRICA. MÉXICO, 1991

DAY AND UNDERWOOD

ANÁLISIS QUÍMICO CUANTITATIVO
5a EDICIÓN. PRENTICE HALL. MÉXICO, 1989
4a EDICIÓN. Mc GRAW HILL INTERAMERICANA. MÉXICO, 1989

RINGBOM, A

FORMACIÓN DE COMPLEJOS EN QUÍMICA ANALÍTICA
ED. ALAMBRA. BARCELONA, ESPAÑA, 1995

FLASCHKA, H.A.; BARMID, A.J. y STURROCK, P.E.

QUÍMICA ANALÍTICA CUANTITATIVA VOL.1. INTRODUCCIÓN A LOS PRINCIPIOS
CÍA EDITORIAL CONTINENTAL. MÉXICO, 1982

CHARLOT, GASTON

CURSO DE QUÍMICA ANALÍTICA GENERAL. TOMOS I-III
ED. TORAY-MASSON. BARCELONA, ESPAÑA, 1980

RAMETTE, RICHARD, W

EQUILIBRIO Y ANÁLISIS QUÍMICO
ED. FONDO EDUCATIVO INTERAMERICANO. USA, 1983

**Programa de la asignatura de
química analítica II
plan 2012**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
PLAN DE ESTUDIOS DE LA LICENCIATURA
EN INGENIERÍA QUÍMICA



PROGRAMA DE LA ASIGNATURA DE:									
QUÍMICA ANALÍTICA II									
IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA									
MODALIDAD:		Curso							
TIPO DE ASIGNATURA:		Teórico – Práctica							
SEMESTRE EN QUE SE IMPARTE:		Quinto							
CARÁCTER DE LA ASIGNATURA:		Obligatoria							
NÚMERO DE CRÉDITOS:		8							
HORAS A LA SEMANA:	6	TEORICAS:	2	PRÁCTICAS:	4	SEMANAS DE CLASES:	16	TOTAL DE HORAS:	96
SERIACIÓN:		Si (X)		No ()		Obligatoria (X)		Indicativa ()	
SERIACIÓN ANTECEDENTE:		Química Analítica I, Seriación por bloques. Haber aprobado por lo menos el 80% de las asignaturas de los 3 primeros semestres							
SERIACIÓN SUBSECUENTE:		Química Analítica III							

OBJETIVO GENERAL

Al finalizar el curso el alumno deberá ser capaz de :
Escribir los modelos matemáticos que caracterizan las reacciones simultáneas de los equilibrios ácido-base, formación de complejos, precipitación y óxido-reducción; calcular las concentraciones de las especies químicas participantes, construir los diagramas de zonas de predominio y especificar la forma en que dichos diagramas pueden usarse para aplicaciones tecnológicas como la protección electroquímica anticorrosiva.

ÍNDICE TEMÁTICO

UNIDAD	TEMAS	HORAS TEÓRICAS	HORAS PRÁCTICAS
1	Reacciones Simultáneas de Ácido-Base y Formación de Complejos	10	24
2	Reacciones Simultáneas: Ácido-Base,	11	20

	Precipitación y Formación de Complejos		
3	Reacciones Simultáneas: de Óxido-Reducción, Ácido-Base, Precipitación y Formación de Complejos	11	20
TOTAL DE HORAS TEÓRICAS		32	0
TOTAL DE HORAS PRÁCTICAS		0	64
TOTAL DE HORAS		96	

CONTENIDO TEMÁTICO

1. REACCIONES SIMULTÁNEAS DE ÁCIDO-BASE Y FORMACIÓN DE COMPLEJOS

1.1. Introducción

1.2. Efecto que tiene la formación de un complejo del tipo ML sobre la disolución de un ácido monoprótico del tipo HL.

1.2.1. Definición del sistema

1.2.2. Descripción cualitativa y principio de LeChatelier

1.2.3. Descripción algebraica del sistema: ecuación de balance de materia, ecuación de balance de carga y ley de acción de masas

1.2.4. Método general de cálculo

1.3. Efecto del amortiguamiento del componente M y la formación del complejo ML sobre el esquema monoprótico HL/L

1.3.1. Simplificación del método general de cálculo

1.3.2. Especie química generalizada (L)

1.3.3. Constante de acidez condicional

1.3.4. Aplicación de los polinomios de tercer grado del esquema monoprótico al sustituir la constante de acidez termodinámica por la constante condicional

1.3.5. Curvas de valoración $pH=f(\varphi_{HA}^{OH})$ y hojas de cálculo

1.4. Efecto que tiene la formación de un complejo del tipo ML sobre la mezcla de un ácido diprótico (H_2L) con una base fuerte

1.4.1. Definición del sistema

1.4.2. Descripción cualitativa y principio de LeChatelier

1.4.3. Descripción algebraica del sistema

1.4.4. Método general de cálculo

1.4.5. Amortiguamiento en el componente M

1.4.5.1. Especies generalizadas y constantes de acidez condicional

1.4.5.2. Dismutación del anfolito HL

1.4.5.3. Aplicación de los polinomios de cuarto grado del esquema diprótico al sustituir las constantes de acidez termodinámica por las constantes condicionales

1.4.5.4. Curvas de valoración $pH=f(\varphi_{H_2A}^{OH})$ y hojas de cálculo

2. REACCIONES SIMULTÁNEAS DE ÁCIDO-BASE, PRECIPITACIÓN Y FORMACIÓN DE COMPLEJOS

- 2.1. Introducción
- 2.2. Mezclas de dos iones metálicos con OH
 - 2.2.1. Reacciones simultáneas de formación de hidroxocomplejos y precipitados
 - 2.2.2. Elaboración del diagrama de distribución de especies y diagrama de la solubilidad (forma logarítmica) en función de pH
 - 2.2.3. Aplicación de los diagramas para la posible separación de los cationes por efecto del pH
- 2.3. Mezclas entre un ion metálico y EDTA a un pH impuesto.
 - 2.3.1. Definición del sistema
 - 2.3.2. Diagrama logarítmico de la solubilidad en función del pH en un sistema amortiguado en amoníaco (o en acetato)
 - 2.3.3. Definición de especies generalizadas de M y L
 - 2.3.4. Ecuación química generalizada de la formación del complejo bajo un amortiguamiento y a pH impuesto
 - 2.3.5. Diagrama de la constante condicional bajo un amortiguamiento y en función de pH
 - 2.3.6. Valor de la constante condicional bajo un amortiguamiento y a pH impuesto
 - 2.3.6.1. Curvas de valoración $pY^l = f(\varphi_{H_n A}^{OH})$ y hojas de cálculo

3. REACCIONES SIMULTÁNEAS DE ÓXIDO-REDUCCIÓN, ÁCIDO-BASE, PRECIPITACIÓN Y FORMACIÓN DE COMPLEJOS

- 3.1. Introducción
- 3.2. Reacciones de óxido-reducción bajo condiciones de un solo amortiguamiento (pH).
 - 3.2.1. Efecto del pH sin que ocurran reacciones simultáneas ácido-base
 - 3.2.2. Reacciones simultáneas de óxido-reducción y ácido-base.
 - 3.2.2.1. Especies generalizadas
 - 3.2.2.2. Potencial condicional
 - 3.2.2.3. Escalas de potencial condicional
 - 3.2.2.4. Ecuación química generalizada
 - 3.2.2.5. Diagramas de Pourbaix
 - 3.2.2.6. Valoraciones químicas y hojas de cálculo
- 3.3. Reacciones de óxido-reducción bajo condiciones de un doble amortiguamiento (pH y pL)
 - 3.3.1.1. Especies generalizadas
 - 3.3.1.2. Potencial condicional
 - 3.3.1.3. Escalas de potencial condicional
 - 3.3.1.4. Ecuación química generalizada
 - 3.3.1.5. Diagramas de Pourbaix
 - 3.3.1.6. Valoraciones químicas y hojas de cálculo
- 3.4. Disolución de metales

ACTIVIDADES PRÁCTICAS:

Durante las sesiones prácticas se realizarán experimentos que se relacionen con las unidades temáticas del programa; estas actividades deberán reflejar el número de horas prácticas señaladas en el programa. Se sugiere que la selección de los experimentos a realizar se establezca en forma colegiada por los profesores del área y se actualice de manera continua. Estas actividades deberán ser consideradas en la evaluación final de la asignatura.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

- Christian, G. Química Analítica. 6ª ed. McGraw-Hill. México. 2010.
- Gary, D. C. Analytical Chemistry. Vol. 1, 6th ed. Wiley. 2004
- Hage, D. S., Carr, J. R. Analytical Chemistry and Quantitative Analysis. Prentice Hall. 2010
- Harris, D.C. Análisis Químico Cuantitativo. 3ª ed. Reverté. Barcelona. 2007
- Mermet, J. M., Otto, M., Kellner, R. Analytical chemistry: a modern approach to analytical science. Wiley-VCH. 2004.
- Skoog, D. A., West, D. M. Fundamentos de Química Analítica. 8ª ed. México. CENGAGE Learning. 2005.
- Trémillon, B. Reactions in solution: an applied analytical approach. John Wiley & Sons. 1997.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- Crouch, S. R., Holler, F. J. Applications of Microsoft Excel in Analytical Chemistry. 8ª ed. Brooks/Cole-Thomson Learning. 2004
- De Levie, R. How to use Excel in analytical chemistry and in general scientific data analysis. Cambridge University Press. 2001
- Rubinson, J.F. Química analítica contemporánea. Prentice Hall Interamericana. México. 2001.

CIBERGRAFÍA:

http://www.unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Inv_estigacion/Julio_2011/IF_BARRETO_PIO_FIARN/CAP.%20X.PDF

SUGERENCIAS DIDÁCTICAS RECOMENDADAS PARA IMPARTIR LA ASIGNATURA

SUGERENCIAS DIDÁCTICAS	UTILIZACIÓN EN EL CURSO
Exposición oral	X
Exposición audiovisual	X
Actividades prácticas dentro de clase	
Ejercicios fuera del aula	X
Seminarios	
Lecturas obligatorias	
Trabajo de investigación	
Actividades experimentales de laboratorio	X
Otras	

MECANISMOS DE EVALUACIÓN.

ELEMENTOS UTILIZADOS PARA EVALUAR EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	UTILIZACIÓN EN EL CURSO
Exámenes parciales	X
Examen final	X
Trabajos y tareas fuera del aula	X
Exposición de seminarios por los alumnos.	
Actividades experimentales de laboratorio	X
Participación en clase	
Asistencia	X

PERFIL PROFESIOGRÁFICO REQUERIDO PARA IMPARTIR LA ASIGNATURA			
LICENCIATURA	POSGRADO	ÁREA INDISPENSABLE	ÁREA DESEABLE
Ingeniería Química ó, Química ó, Química Industrial	Ciencias Químicas	Química	Química Analítica
Con experiencia docente			

ANEXO C

RESULTADOS Y MEMORIA DE CÁLCULO DE LAS PRÁCTICAS PROPUESTAS

1. Separación de dos iones metálicos, Al (III) y Mg (II), mediante precipitación selectiva bajo dos condiciones de amortiguamiento: $p\text{NH}_3'$ y pH.
2. Determinación espectrofotométrica de Cu (II) con EDTA en medio de doble amortiguamiento: pH y pGlicina
3. Valoración potenciométrica de una muestra comercial de ácido ascórbico con Cu (II) en medio amortiguado de pH y $p\text{SCN}'$

Práctica: Separación de dos iones metálicos, Al (III) y Mg (II), mediante precipitación selectiva bajo dos condiciones de amortiguamiento: pNH_3' y pH.

Resultados

Separación de Mg (II) y Al (III)	
Catión filtrado	Mg (II)
pH de separación	6.48
Volumen de NH_3 agregado	4 mL
Determinación de la concentración de entrada de Mg (II)	
Alícuota de Mg (II)	5 mL
[EDTA]	0.1 M
Indicador químico	NET
V de punto de equivalencia promedio (por tres determinaciones)	4.96 mL
pH después de la valoración (por tres determinaciones)	6.47
Determinación de la concentración de salida de Mg (II)	
Alícuota de Mg (II)	5 mL
[EDTA]	0.1 M
Indicador químico	NET
V de punto de equivalencia promedio (por tres determinaciones)	5.13 mL
pH después de la valoración (por tres determinaciones)	6.6



Inicio de la valoración, color rosado dado por el complejo Mg-NET

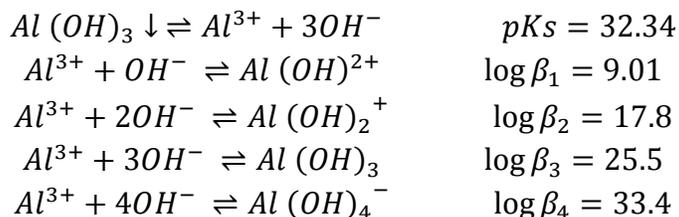


Final de la valoración, color azul dado por el NET libre

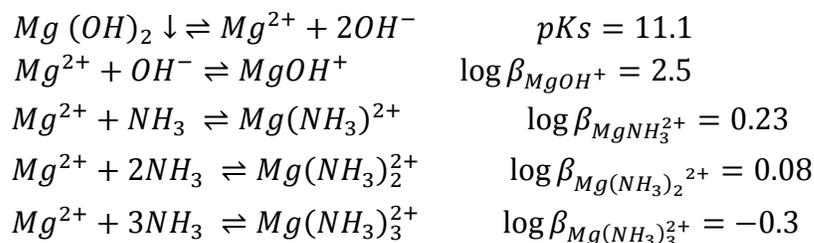
Diagrama logarítmico de solubilidad

Para construir los diagramas logarítmicos de solubilidad se tomaron los siguientes datos:

Aluminio:



Magnesio:



Las ecuaciones usadas son:

Para el aluminio:

$$\log S = \log \left(\frac{K_s [H_3O^+]^3}{K_w^3} \left\{ 1 + \left[(\beta_{Al(OH)^{2+}}) \left(\frac{K_w}{[H_3O^+]} \right) \right] + \left[(\beta_{Al(OH)_2^+}) \left(\frac{K_w}{[H_3O^+]} \right)^2 \right] + \left[(\beta_{Al(OH)_4^-}) \left(\frac{K_w}{[H_3O^+]} \right)^4 \right] \right\} \right)$$

Para el magnesio

$$\begin{aligned}
 \log S = \log \frac{K_s [H_3O^+]^2}{K_w^2} &\left\{ 1 + \left[\beta_{Mg(OH)^+} \left(\frac{K_w}{[H_3O^+]} \right) \right] + \left[\beta_{MgNH_3^{2+}} \left(\frac{C_0^{buffer} Ka}{[H_3O^+] + Ka} \right) \right] + \left[\beta_{Mg(NH_3)_2^{2+}} \left(\frac{C_0^{buffer} Ka}{[H_3O^+] + Ka} \right)^2 \right] \right. \\
 &\left. + \left[\beta_{Mg(NH_3)_3^{2+}} \left(\frac{C_0^{buffer} Ka}{[H_3O^+] + Ka} \right)^3 \right] \right\}
 \end{aligned}$$

Los diagramas se trazaron en Excel.

Porcentaje de precipitación

Al pH de separación, 6.48, el porcentaje de precipitación para el aluminio se calcula:

$$\% pp = \frac{C_0 - S}{C_0} \times 100$$

Al pH=6.48 (pH de separación), $\log S = -6.2$ (valor obtenido del diagrama logarítmico de solubilidad), por lo tanto, $S = 10^{-6.2}$

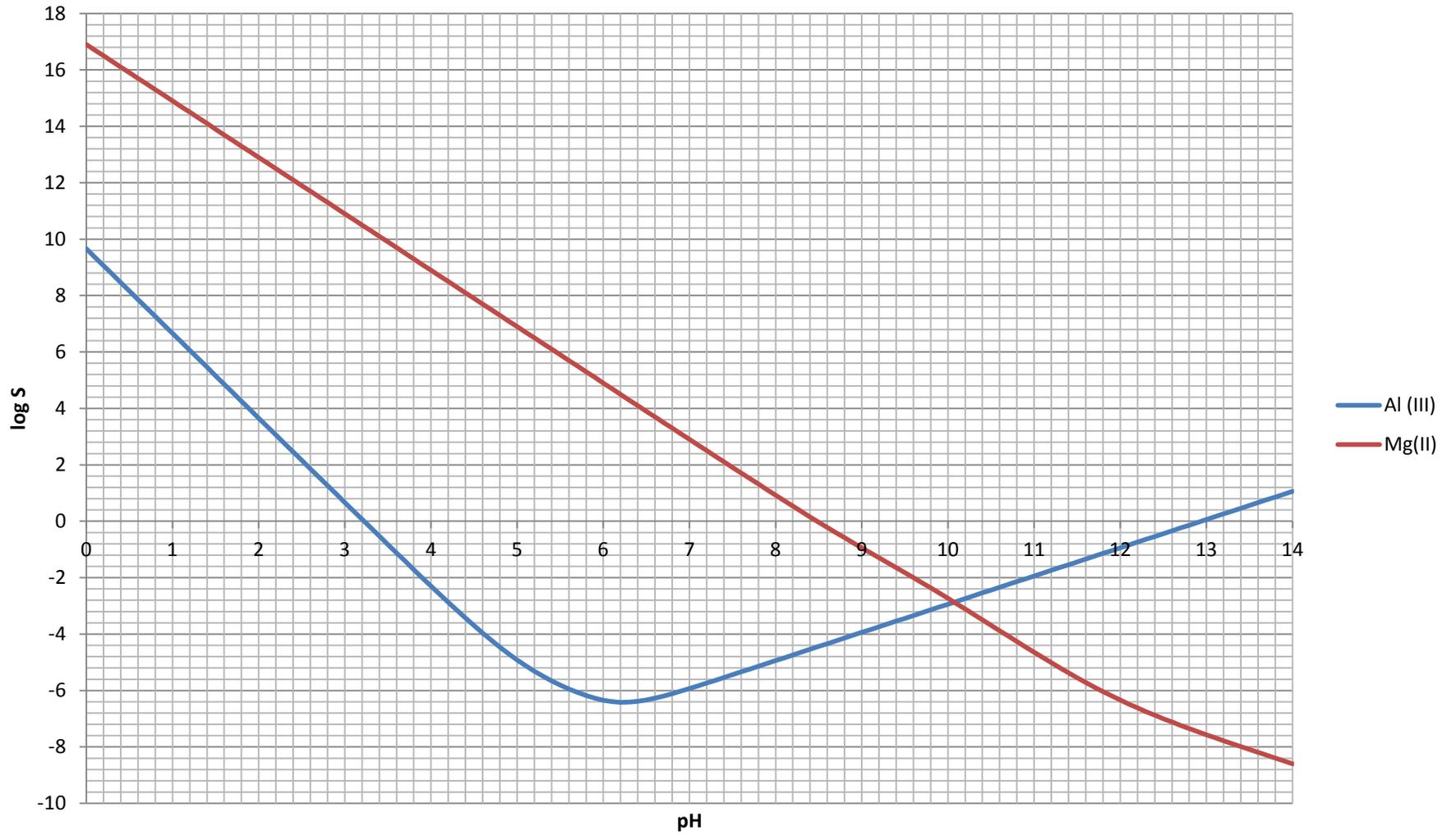
$$\% pp = \frac{0.1 - 10^{-6.2}}{0.1} \times 100 = 99.99 \%$$

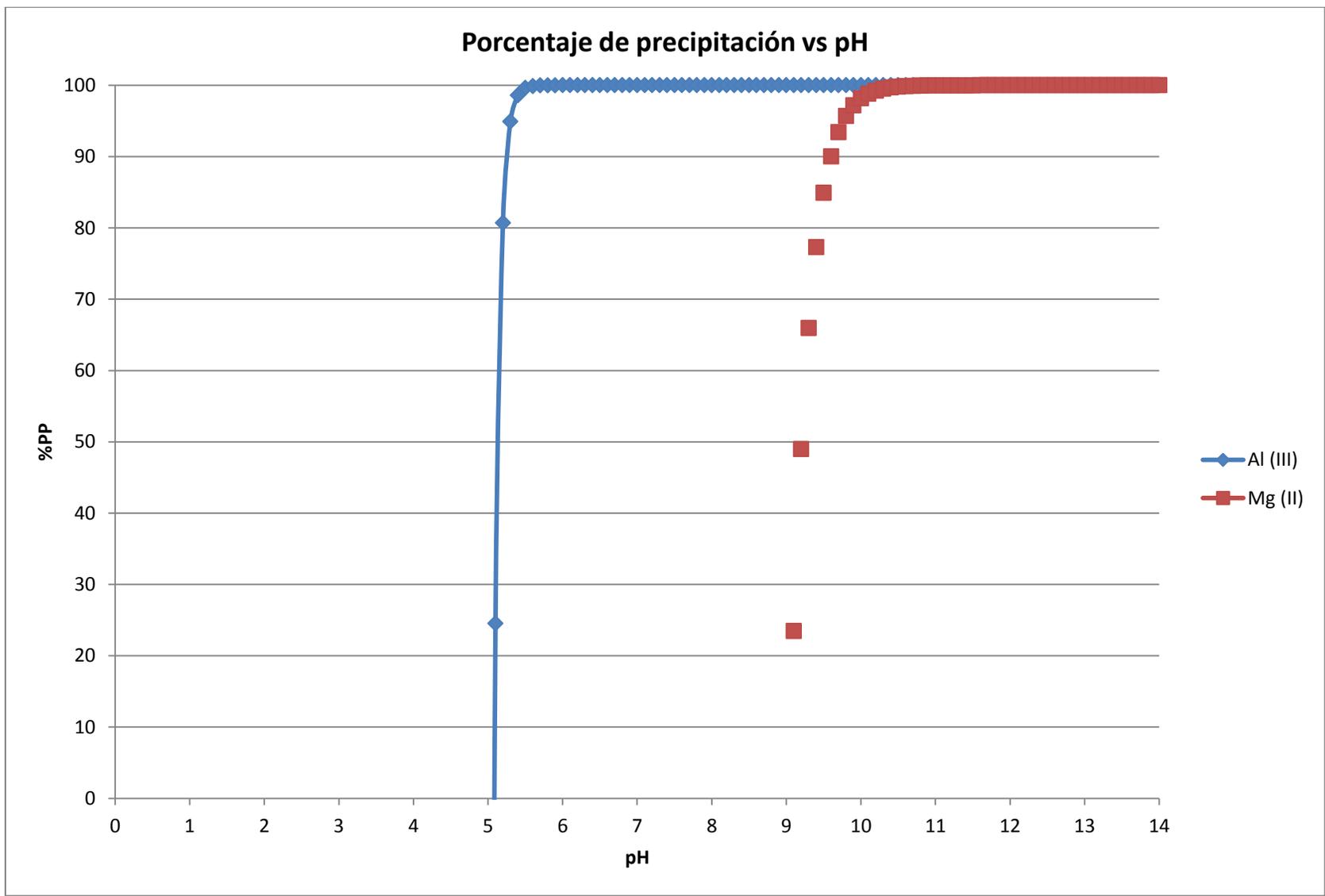
Con la ecuación de porcentaje de precipitación se trazan los diagramas para aluminio y magnesio, para conocer el intervalo de precipitación en el cuál un ion precipita al 98%.

El intervalo de pH de precipitación para el aluminio es de 3.7 a 7.9, en este intervalo el aluminio precipita en un 98 a 99 %. A este intervalo de pH, el magnesio permanece en solución.

El intervalo de pH para que el magnesio precipite en un 98 % o más es de 8.9 a 14; pero en este intervalo también hay aluminio precipitado, el cual se redisuelve al aumentar el pH.

log S'' vs pH





La práctica, Separación de dos iones metálicos, Al (III) y Mg (II), mediante precipitación selectiva bajo dos condiciones de amortiguamiento: pNH_3' y pH, se acopla al tema 2.2 de la segunda unidad del programa de química analítica plan 2012.

2.2 Mezclas de dos iones metálicos con OH

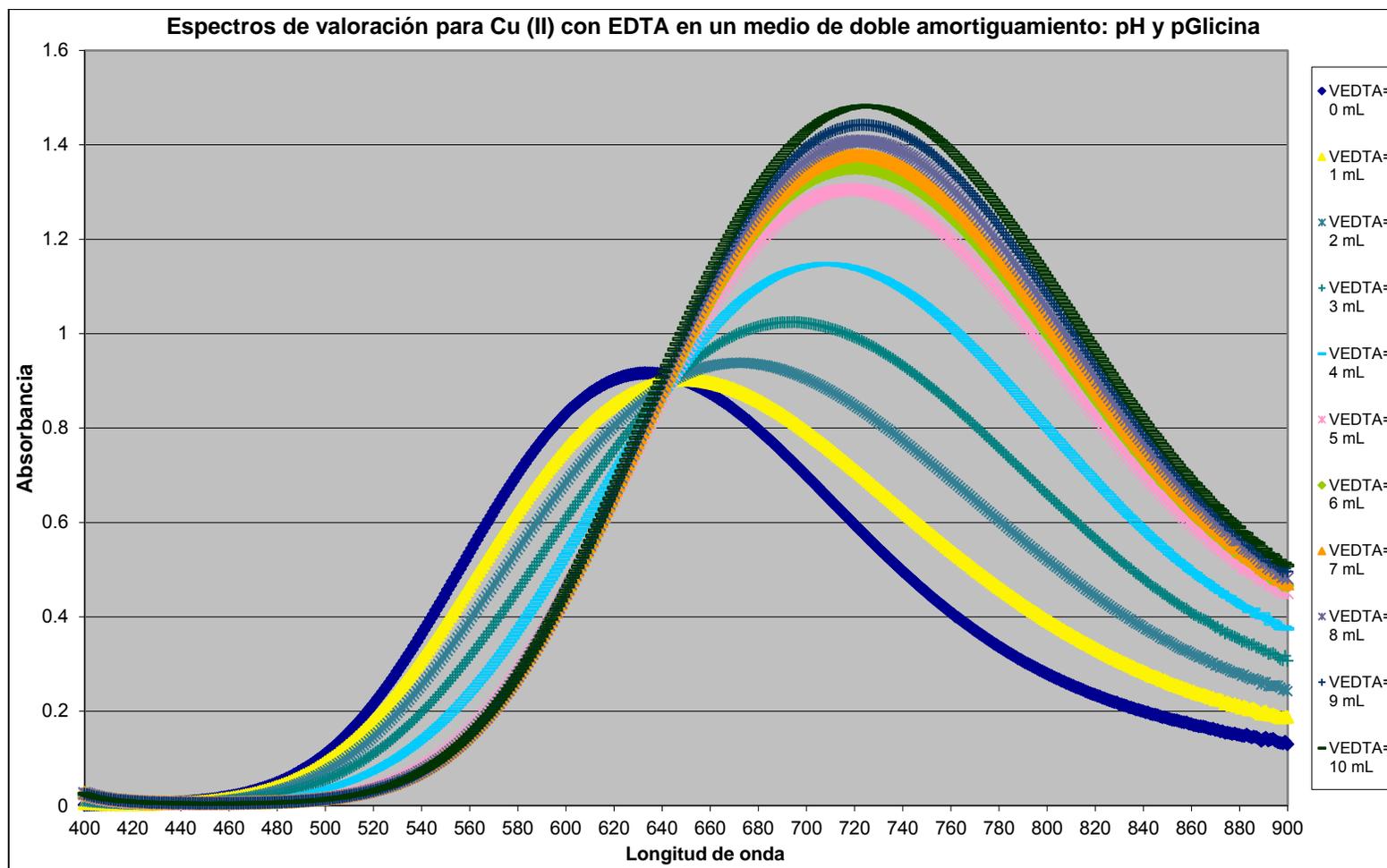
2.3.2 Reacciones simultáneas de formación de hidroxocomplejos y precipitados. Esta parte quedó ejemplificada al separar los iones metálicos, Al (III) y Mg (II).

2.3.3 Elaboración del diagrama de distribución de especies y diagrama de la solubilidad (forma logarítmica) en función de pH. Para llegar a la ecuación para trazar los diagramas logarítmicos de la solubilidad, se aplican las ecuaciones de formación de complejos. Dicha ecuación es desarrollada en clase de teoría. Y la ecuación desarrollada se usa para el trazado del diagrama de solubilidad (forma logarítmica).

2.3.4 Aplicación de los diagramas para la posible separación de los cationes por efecto del pH. Después de trazar los diagramas logarítmicos de la solubilidad, los alumnos pueden aplicar éstos para realizar diversas separaciones y conocer los intervalos de pH en los cuales es posible realizar las separaciones deseadas.

Práctica: Determinación espectrofotométrica de Cu (II) con EDTA en un medio de doble amortiguamiento: pH y pGlicina

Resultados



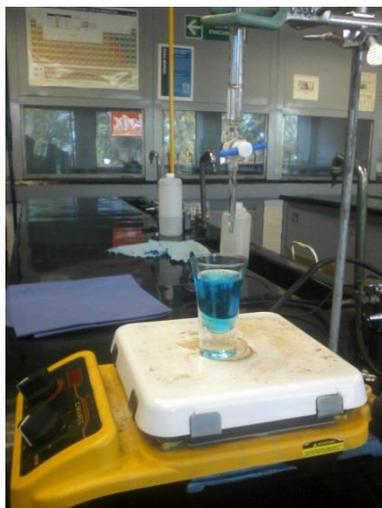
[EDTA]	0.1 M
Volumen alícuota de Cu(II)	25 mL



Solución de Cu (II) en buffer de glicina a pH=9.5



Montaje experimental de la valoración de Cu (II) con EDTA.



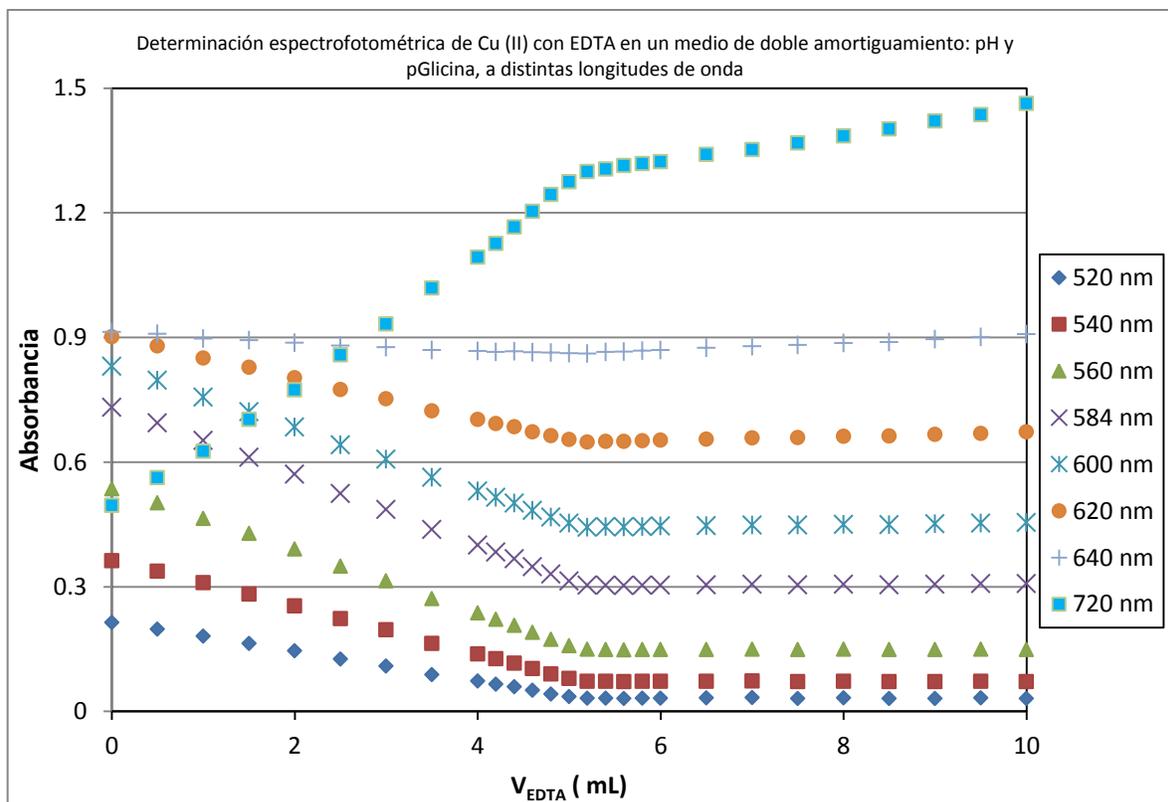
Montaje experimental de la valoración de Cu (II) con EDTA, valoración finalizada.



Solución de Cu (II) después de la valoración con EDTA.

Para determinar la longitud de onda a la cual se hará el análisis, se presenta el siguiente gráfico para diversas longitudes de onda.

Se grafica absorbancia corregida vs volumen de EDTA agregado



Se observa que el máximo de absorbancia es en $\lambda = 720 \text{ nm}$, a este valor de longitud es posible apreciar el cambio de pendiente que permite determinar el volumen del punto de equivalencia en la valoración, pero excede el rango de lectura de los espectrofotómetros usados para docencia. A longitudes de onda menores a 550 nm , la absorbancia; que tiene un valor pequeño, no permite determinar de manera adecuada el volumen de punto de equivalencia, mientras que a $\lambda = 600 \text{ nm}$ y $\lambda = 640 \text{ nm}$ la absorbancia se hace lineal con una pendiente cercana a 0, debido a que en este punto las absorbancias de los compuestos CuY^{2-} y $\text{Cu}(\text{Gli})_2$ son iguales, a este punto se le llama isobéptico. Éste indica que los compuestos CuY^{2-} y $\text{Cu}(\text{Gli})_2$ coexisten en equilibrio en la disolución.

Por lo tanto a longitudes de onda comprendidas entre 580 y 590 se tiene un valor adecuado de sensibilidad.

Determinación del volumen de punto de equivalencia.

Tomando los datos para $\lambda = 584 \text{ nm}$, se hace una regresión lineal en la región que comprende desde $V_{\text{EDTA}} = 0 \text{ mL}$ hasta $V_{\text{EDTA}} = 5 \text{ mL}$; la ecuación de esta recta es:

$$y = -0.0841x + 0.736$$

A partir de $V_{EDTA} = 5.2 \text{ mL}$ hasta $V_{EDTA} = 10 \text{ mL}$, se hace un promedio de los valores de absorbancia.

$$\bar{A}_{corr}^{\lambda=584 \text{ nm}} = 0.3050875$$

La ecuación de la línea recta obtenida se iguala con el promedio de la absorbancia corregida. Se despeja x de la ecuación de la línea recta, y el valor calculado es el volumen de punto de equivalencia.

$$x = \frac{0.3050875 - 0.736}{-0.0841} = 5.123 \text{ mL}$$

La concentración de la solución inicial es:

$$V_{Cu(II)} C_{Cu(II)} = V_{EDTA} C_{EDTA}$$

$$C_{Cu(II)} = \frac{V_{EDTA} C_{EDTA}}{V_{Cu(II)}} = \frac{5.123 \text{ mL} \times 0.1 \text{ M}}{25 \text{ mL}} = 0.0204 \text{ M}$$

Cálculo de los coeficientes de absorptividad experimentales

Para calcular los coeficientes de absorptividad experimentales se hará por medio del intercepto y la pendiente.

La absorbancia está dada por la ecuación de una línea recta, que desarrollada es:

$$A^{corr} = A_{total} \left(\frac{V_0^{Cu(II)} + V^{EDTA}}{V_0^{Cu(II)}} \right) = \underbrace{\varepsilon_{Cu(II)}^{\lambda} \ell \left(\frac{V_0^{Cu(II)} C_0^{Cu(II)}}{V_0^{Cu(II)}} \right)}_b + \underbrace{\left[\varepsilon_{Cu(II)}^{\lambda} \ell \left(\frac{C^{EDTA}}{V_0^{Cu(II)}} \right) + \varepsilon_{CuY}^{\lambda} \ell \left(\frac{C^{EDTA}}{V_0^{Cu(II)}} \right) \right]}_m \underbrace{V^{EDTA}}_x$$

Siendo ℓ la longitud de paso óptico, esto para no confundir con la "b" (intercepto) en la ecuación de la línea recta. La ecuación de la línea recta es:

$$y = -0.0841x + 0.736$$

El intercepto es igual a:

$$b = \varepsilon_{Cu(II)}^{\lambda} \ell \left(\frac{V_0^{Cu(II)} C_0^{Cu(II)}}{V_0^{Cu(II)}} \right) = \varepsilon_{Cu(II)}^{\lambda} \ell C_0^{Cu(II)}$$

Despejando:

$$\varepsilon_{Cu(II)''}^{\lambda=584\text{ nm}} = \frac{b}{\ell C_0^{Cu(II)}} = \frac{0.736}{(1\text{ cm}) \times (0.0204\text{ M})} = 36.078\text{ cm}^{-1}\text{ M}^{-1}$$

De la pendiente se tiene

$$-m = - \left[\varepsilon_{Cu(II)''}^{\lambda} \ell \left(\frac{C^{EDTA}}{V_0^{Cu(II)}} \right) + \varepsilon_{CuY''}^{\lambda} \ell \left(\frac{C^{EDTA}}{V_0^{Cu(II)}} \right) \right]$$

Despejando $\varepsilon_{CuY''}^{\lambda}$:

$$\varepsilon_{CuY''}^{\lambda} = \frac{-m + \left[\varepsilon_{Cu(II)''}^{\lambda} \ell \left(\frac{C^{EDTA}}{V_0^{Cu(II)}} \right) \right]}{-\ell \left(\frac{C^{EDTA}}{V_0^{Cu(II)}} \right)} = \frac{-0.0841\text{ mL} + \left[36.078\text{ cm}^{-1}\text{ M}^{-1} \times (1\text{ cm}) \times \left(\frac{0.1\text{ M}}{25\text{ mL}} \right) \right]}{-(1\text{ cm}) \times \left(\frac{0.1\text{ M}}{25\text{ mL}} \right)}$$

$$\varepsilon_{CuY''}^{\lambda=584\text{ nm}} = 15.053\text{ cm}^{-1}\text{ M}^{-1}$$

Cálculo de la constante bicondional

Cálculo sin aproximación.

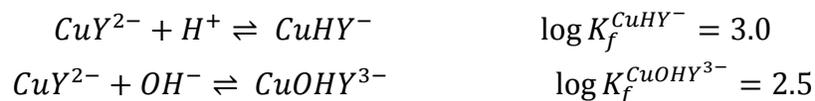
La reacción generalizada es:



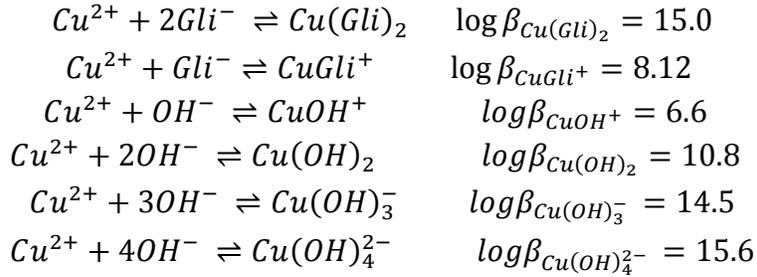
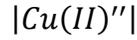
La constante bicondional es:

$$\beta'' = \frac{|CuY''|}{|Cu(II)''| |Y''|}$$

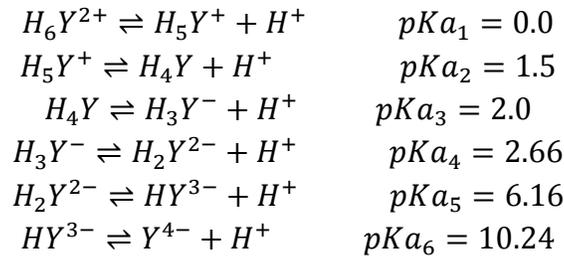
Los complejos formados para cada término son:



Y la constante de formación del complejo CuY^{2-}



Constantes de acidez para EDTA



Haciendo la combinación adecuada de las ecuaciones de complejos y constantes de acidez se obtiene:

$$\begin{aligned} |\text{CuY}''| &= |\text{CuY}^{2-}| \left[1 + K_f^{\text{CuHY}^-} |\text{H}_3\text{O}^+| + K_f^{\text{CuOHY}^{3-}} |\text{OH}^-| \right] \\ |\text{Cu(II)}''| &= |\text{Cu}^{2+}| \left[1 + \beta_{\text{CuOH}^+} |\text{OH}^-| + \beta_{\text{Cu}(\text{OH})_2} |\text{OH}^-|^2 + \beta_{\text{Cu}(\text{OH})_3^-} |\text{OH}^-|^3 + \beta_{\text{Cu}(\text{OH})_4^{2-}} |\text{OH}^-|^4 \right. \\ &\quad \left. + \beta_{\text{CuGli}^+} \left(\frac{C_{\text{buffer}}}{1 + \frac{|\text{H}_3\text{O}^+|}{K_{a_1}} + \frac{|\text{H}_3\text{O}^+|^2}{K_{a_1}K_{a_2}}} \right) + \beta_{\text{Cu}(\text{Gli})_2} \left(\frac{C_{\text{buffer}}}{1 + \frac{|\text{H}_3\text{O}^+|}{K_{a_1}} + \frac{|\text{H}_3\text{O}^+|^2}{K_{a_1}K_{a_2}}} \right)^2 \right] \end{aligned}$$

$$|Y''| = |Y^{4-}| \left[1 + \frac{|H_3O^{++}|}{K_{A6}} + \frac{|H_3O^{+}|^2}{K_{A6}K_{A5}} + \frac{|H_3O^{+}|^3}{K_{A6}K_{A5}K_{A4}} + \frac{|H_3O^{+}|^4}{K_{A6}K_{A5}K_{A4}K_{A3}} + \frac{|H_3O^{+}|^5}{K_{A6}K_{A5}K_{A4}K_{A3}K_{A2}} \right. \\ \left. + \frac{|H_3O^{+}|^6}{K_{A6}K_{A5}K_{A4}K_{A3}K_{A2}K_{A1}} \right]$$

Los términos en negritas, son las especies que definen la constante de formación, éstos se separan para formar el término de constante de formación del complejo CuY^{2-} .

Se nombraran los términos de la siguiente manera, para simplificar la ecuación final:

$$A = |CuY''| = [1 + K_f^{CuHY^-} |H_3O^{+}| + K_f^{CuOHY^{3-}} |OH^{-}|]$$

$$B = |Cu(II)''| = \left[1 + \beta_{CuOH^+} |OH^{-}| + \beta_{Cu(OH)_2} |OH^{-}|^2 + \beta_{Cu(OH)_3} |OH^{-}|^3 + \beta_{Cu(OH)_4} |OH^{-}|^4 \right. \\ \left. + \beta_{CuGly^+} \left(\frac{C_{buffer}}{1 + \frac{|H_3O^{+}|}{Ka_1} + \frac{|H_3O^{+}|^2}{Ka_1Ka_2}} \right) + \beta_{Cu(Gly)_2} \left(\frac{C_{buffer}}{1 + \frac{|H_3O^{+}|}{Ka_1} + \frac{|H_3O^{+}|^2}{Ka_1Ka_2}} \right)^2 \right]$$

$$C = |Y''| = \left[1 + \frac{|H_3O^{++}|}{K_{A6}} + \frac{|H_3O^{+}|^2}{K_{A6}K_{A5}} + \frac{|H_3O^{+}|^3}{K_{A6}K_{A5}K_{A4}} + \frac{|H_3O^{+}|^4}{K_{A6}K_{A5}K_{A4}K_{A3}} + \frac{|H_3O^{+}|^5}{K_{A6}K_{A5}K_{A4}K_{A3}K_{A2}} \right. \\ \left. + \frac{|H_3O^{+}|^6}{K_{A6}K_{A5}K_{A4}K_{A3}K_{A2}K_{A1}} \right]$$

Pero

$$\beta_{CuY^{2-}} = \frac{|CuY^{2+}|}{|Cu^{2+}| |Y^{4-}|}$$

Sustituyendo los términos A, B, C y la constante de formación en la ecuación de la constante bicondional:

$$\beta'' \text{ sin aproximación} = \beta_{CuY^{2-}} \frac{A}{BC}$$

Se conocen los valores de las constantes de formación, constantes de acidez de EDTA, el pH de trabajo es de 9.5, por lo tanto se puede conocer $[H^3O^+]$ y $[OH^-]$, la concentración del buffer (solución amortiguadora de glicina) es igual a 0.4 M por lo que el $pGlicina = -\log[Gli] = -\log(0.4M) = 0.3979$; dando como resultado:

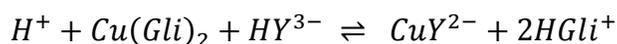
$$\beta'' = 321093.244$$

Aplicando logaritmo:

$$\log \beta''_{\text{sin aprox.}} = 5.506$$

El cálculo con aproximaciones se hará con la ley de Hess

La ecuación general es:



$$\beta''_{L.Hess} = 24877.114$$

Aplicando logaritmo:

$$\log \beta''_{L.Hess} = 4.3958$$

Curva teórica de valoración

Ecuaciones usadas para trazar la curva

$$A_{\text{Corr teórica}}^\lambda = A_{\text{teórica}}^\lambda \left(\frac{V_{Cu(II)} + V}{V_{Cu(II)}} \right)$$

$$C_M^* = \frac{C_{Cu(II)}V_{Cu(II)}}{V_{Cu(II)} + V}$$

$$A_{\text{teórica}}^\lambda = \varepsilon_{Cu(Gli)_2}^\lambda [M] + \varepsilon_{CuY^{2-}}^\lambda [ML]$$

$$[L] = \frac{-\beta'' + \sqrt{b - 4\beta''c}}{2\beta''}$$

$$[M] = \frac{1}{1 + \beta''[L]} C_M^*$$

$$b = 1 + \beta'' \left(\frac{C_{Cu(II)}V_{Cu(II)} - C_{EDTA}V}{V_{Cu(II)} + V} \right)$$

$$[ML] = \frac{\beta'[L]}{1 + \beta''[L]} C_M^*$$

$$c = -\frac{C_{EDTA}V}{V_{Cu(II)} + V}$$

$$\varphi = \frac{VC_{EDTA}}{C_{Cu(II)}V_{Cu(II)}}$$

Dónde:

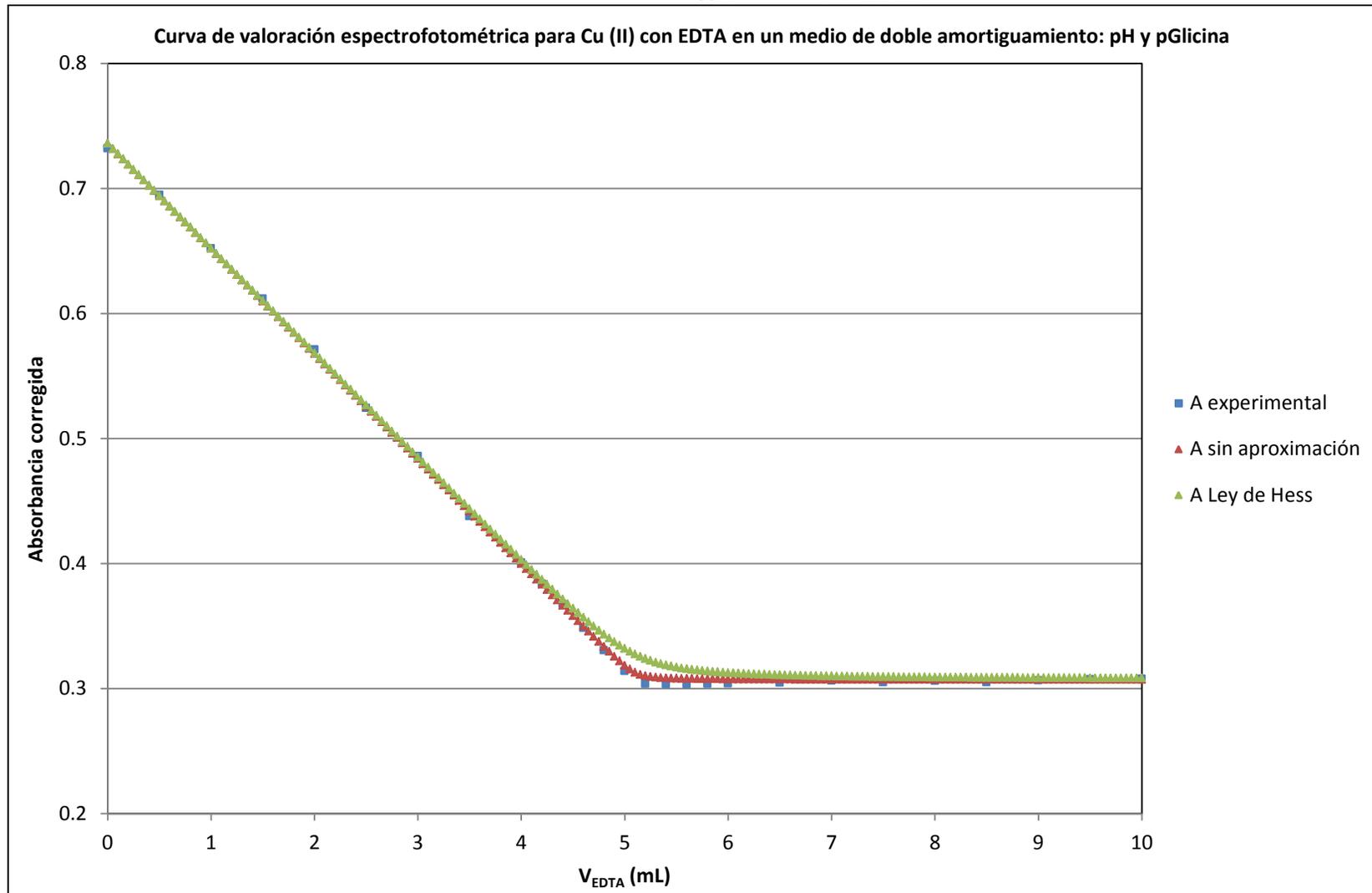
- $V_{Cu(II)}$ Alícuota de Cu (II) a valorar.
- V Volumen de titulante agregado.
- $\varepsilon_{Cu(Gli)_2}^\lambda$ Coeficiente de absorptividad molar del complejo $Cu(Gli)_2$, calculado experimentalmente a $\lambda = 584 \text{ nm}$.
- $\varepsilon_{CuY^{2-}}^\lambda$ Coeficiente de absorptividad molar del complejo CuY^{2-} , calculado experimentalmente a $\lambda = 584 \text{ nm}$.
- $[M]$ Concentración del metal para cada adición de titulante.
- $[ML]$ Concentración del complejo formado en la valoración, para cada adición de titulante.
- C_M^* Concentración del metal considerando la dilución.
- $[L]$ Concentración del ligando a cada adición de titulante.
- β'' Contante de formación bicondional.
- $C_{Cu(II)}$ Concentración de cobre en la solución inicial, calculada experimentalmente.
- C_{EDTA} Concentración del EDTA usado como valorante.

Curva de valoración trazada en Excel

Para la curva de valoración se graficarán la curva experimental a 584 nm, la curva teórica con la β'' calculada con y sin aproximación.

Se observa que la curva teórica con la β'' calculada sin aproximación (curva color rojo) tiene un comportamiento idéntico a la curva de valoración experimental (curva color azul). En cuanto a la curva con la β'' calculada con ley de Hess (con aproximación) se observa que la región del punto de equivalencia y la de absorbancia constante está por arriba de las otras dos curvas; esto se debe a que la constante condicional calculada no es tan precisa, por lo que se concluye que para hacer una simulación de las curvas es mejor tomar todas las interacciones del sistema para tener un valor de β'' cercano al experimental.

Curva de valoración $A_{Corr}^{\lambda=584\text{ nm}} = f(V_{EDTA'})$



La práctica, Determinación espectrofotométrica de Cu (II) con EDTA en un medio de doble amortiguamiento: pH y pGlicina, se acopla al tema 2.3 de la segunda unidad del programa de química analítica plan 2012.

2.3 Mezclas entre un ion metálico y EDTA a un pH impuesto

2.3.1 Definición del sistema. En clase de teoría se define el sistema a estudiar.

2.3.2 Diagrama logarítmico de la solubilidad en función del pH en un sistema amortiguado en amoniaco (o en acetato). En este caso en la práctica como anexo se incluye el diagrama, solo que el sistema amortiguado es de glicina, uno diferente a los propuestos en el temario.

2.3.3 Definición de especies generalizadas de M y L. Se definen el metal y ligando con las condiciones de amortiguamiento, englobando los complejos que se pueden formar.

2.3.4 Ecuación química generalizada de la formación del complejo bajo un amortiguamiento y a pH impuesto. Para obtener esta ecuación se debe tener en cuenta el pGlicina, dado por la solución amortiguadora y el pH, planteando qué especie de EDTA se encuentra al pH impuesto. Esta práctica es un buen ejemplo para llegar a una ecuación química generalizada.

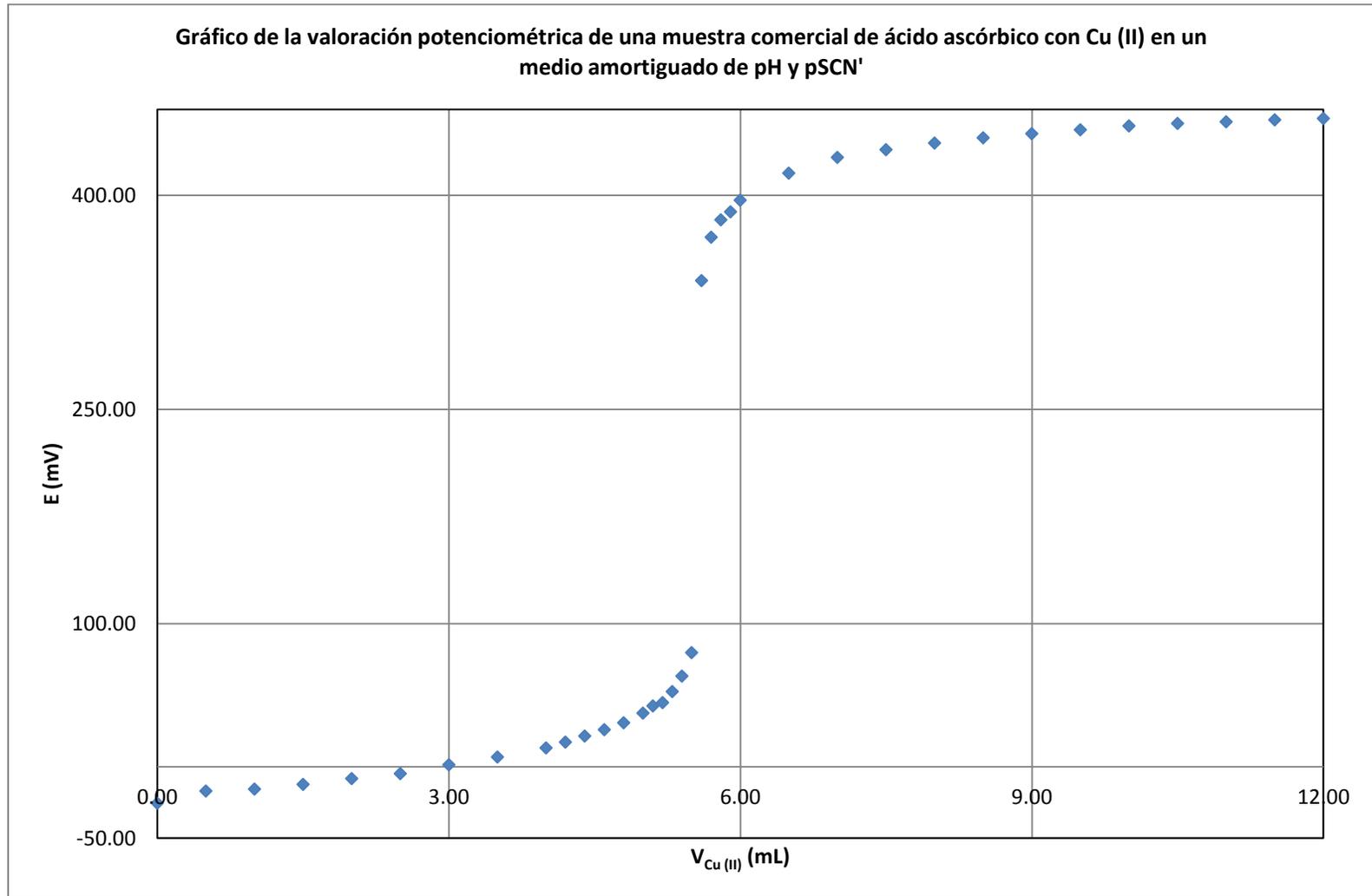
2.3.5 Diagrama de la constante condicional bajo un amortiguamiento y en función de pH. Con la ecuación matemática que permite calcular la constante condicional, se hace el diagrama variando el pH, trazando en la curva $\log \beta'' = f(pH)$.

2.3.6 Valor de la constante condicional bajo un amortiguamiento y a pH impuesto. A partir de la ecuación generalizada se puede hacer el cálculo de la constante bicondicional, tomando en cuenta todos los equilibrios implicados en el proceso de valoración.

2.3.6.1 Curvas de valoración $pY' = f(\varphi_{H_nA}^{OH})$ y hojas de cálculo. Para aplicar este tema a la práctica se anexaron las ecuaciones para trazar la curva teórica de valoración para una longitud de onda.

Práctica: Valoración potenciométrica de una muestra comercial de ácido ascórbico con Cu (II) en medio amortiguado de pH y pSCN'

Resultados



Volumen de la alícuota de ácido ascórbico	5 mL
Masa del polvo de tableta de ácido ascórbico para preparar la solución problema	230.2 mg
Peso promedio de las tabletas de ácido ascórbico	4.5644 g
Masa NH_4SCN	200 mg
Masa acetato de sodio	100 mg
$[\text{Cu (II)}]$	0.02 M
Volumen total del sistema a valorar	20 mL
pH antes de adicionar ácido ascórbico	6.76
pH después de adicionar ácido ascórbico	5.94
pH final de la valoración	5.34



Inicio de la valoración de ácido ascórbico con Cu (II), se observa turbidez en la solución valorada a la primera adición de titulante.



Final de la valoración



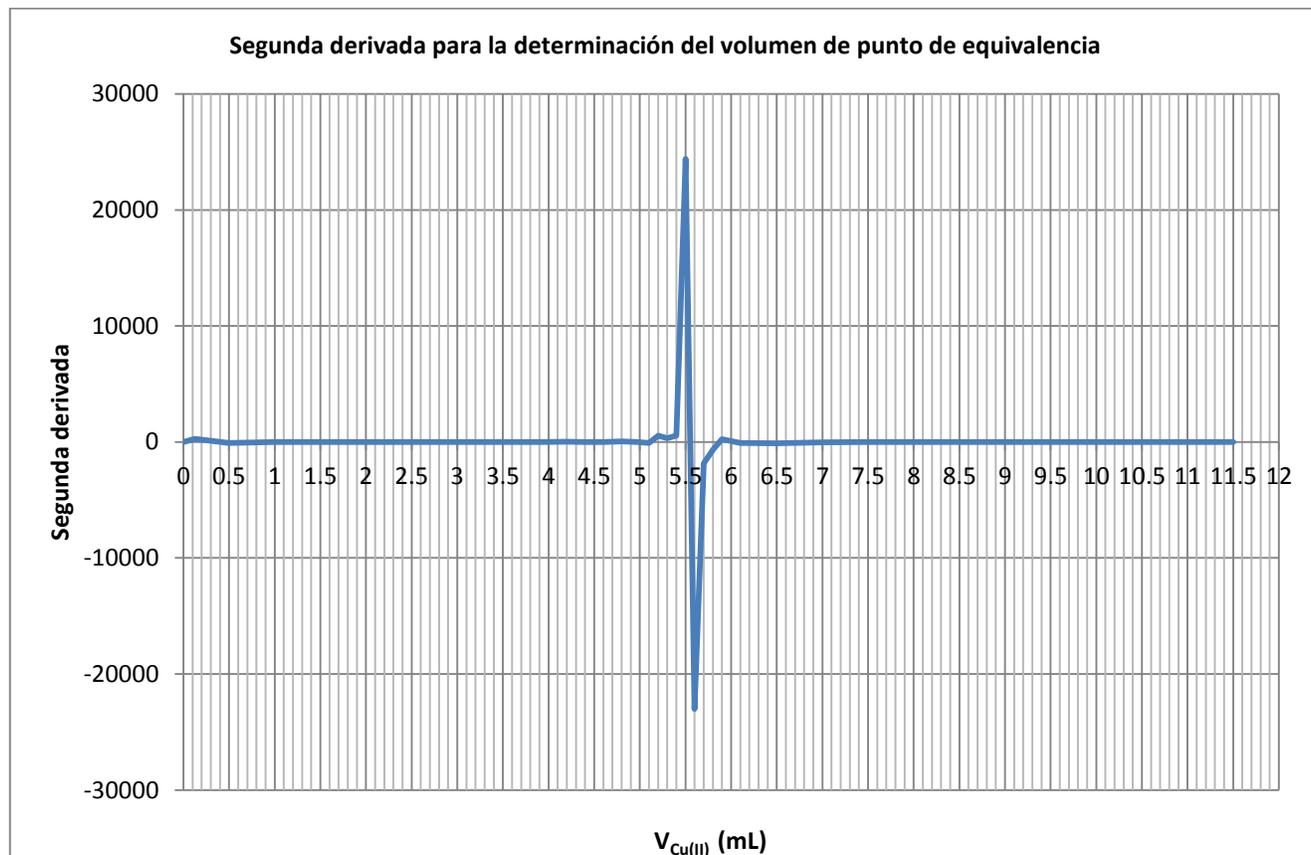
Se detiene la agitación y se observa un sólido color blanco



Presencia de un sólido color blanco, este es el tiocianato cuproso precipitado

Determinación del volumen de punto de equivalencia

Para determinar el volumen de punto de equivalencia se usó el método de la segunda derivada.



El volumen de punto de equivalencia es igual a 5.51 mL

Determinación de la cantidad de ácido ascórbico

La estequiometría de esta reacción está dada por dos moles de Cu (II) por cada mol de ácido ascórbico, es decir $\varphi = 2$

$$\varphi_2 = \frac{V_{Cu(II)} C_{Cu(II)}}{V_{ác.asc.} C_{ác.asc.}}$$

$$C_{ác.asc.} = \frac{V_{Cu(II)} C_{Cu(II)}}{V_{ác.asc.} \times 2} = \frac{5.51 \text{ mL} \times 0.0204 \text{ M}}{5 \text{ mL} \times 2} = 0.01124 \text{ M}$$

Esta es la concentración de ácido ascórbico en la alícuota tomada, 5 mL.

$C_{Cu(II)} = 0.0204 M$, ya que la solución de Cu (II) usada en la práctica Determinación espectrofotométrica de Cu (II) con EDTA en medio de doble amortiguamiento: pH y pGlicina, es la misma usada en esta práctica, (ver anexo D).

Se calcula la cantidad de mmol en 25 mL, que fue el volumen de aforo para la solución de ácido ascórbico

$$mmol_{ác.asc.} = C_{ác.asc.} \times V_{aforo} = 0.01124 M \times 25 mL = 0.281 mmol$$

La cantidad en mg de ácido ascórbico es igual a

$$mg_{ác.asc.} = mmol_{ác.asc.} \times PM_{ác.asc.} = 0.2781 mmol \times \frac{176.3 mg}{1 mmol} = 49.5403 mg$$

Para preparar la solución se pesaron 230.2 mg de polvo de tableta, por lo que una tableta tendrá:

$$\begin{aligned} 230.2 mg \text{ tableta} &\rightarrow 49.5403 mg \text{ } \acute{a}c. \text{ asc.} \\ 4564.4 mg \text{ tableta} &\rightarrow X mg \text{ } \acute{a}c. \text{ asc.} \end{aligned}$$

$$X mg \text{ } \acute{a}c. \text{ asc.} = \frac{4564.4 mg \text{ tableta} \times 49.5403 mg \text{ } \acute{a}c. \text{ asc.}}{230.2 mg \text{ tableta}} = 982.28 mg \text{ } \acute{a}c. \text{ asc.}$$

$$0.98228 g \text{ } \acute{a}c. \text{ asc.} / \text{tableta}$$

El empaque marca que por cada tableta se tiene 1g de ácido ascórbico

$$\frac{0.98228 g \text{ } \acute{a}c. \text{ asc.} / \text{tableta}}{1 g \text{ } \acute{a}c. \text{ asc.} / \text{tableta}} \times 100\% = 98.228\%$$

La muestra comercial analizada tiene un 98.228% del contenido de ácido ascórbico reportado en el empaque.

La práctica, Valoración potenciométrica de una muestra comercial de ácido ascórbico con Cu (II) en medio amortiguado de pH y pSCN', se acopla al tema 2.2 de la segunda unidad del programa de química analítica plan 2012.

3.3 Reacciones de óxido-reducción bajo condiciones de un doble amortiguamiento (pH y pL)

3.3.1 Especies generalizadas. En esta práctica se observa que el ácido ascórbico y el Cu(II) son especies que forman complejos y ácidos que pueden generalizarse en una expresión sencilla.

3.3.2 Potencial condicional. En esta práctica se puede hacer el cálculo del potencial condicional a cuatro condiciones: pH, pNH₃, pSCN y pAc⁻.

3.3.3 Escalas de potencial condicional. Se ejemplifica el uso de las escalas a un potencial en el que los equilibrios existentes en el proceso sean considerados para el trazo de la escala.

3.3.4 Ecuación química generalizada. Se hace uso de esta ecuación para simplificar las ecuaciones participantes y los equilibrios simultáneos involucrados, dejando como ecuación matemática una que incluya todos los equilibrios químicos participantes.

3.3.5 Diagramas de Pourbaix. Diagramas que se pueden trazar para conocer el potencial a las condiciones experimentales incluyendo los equilibrios participantes.

3.3.6 Valoraciones químicas y hojas de cálculo. La determinación del ácido ascórbico en la muestra entra en este tema, además de que para realizar los diagramas de Pourbaix, y potencial condicional se usan las hojas de cálculo.

ANEXO D

ESTANDARIZACIÓN DE SOLUCIONES

EDTA patrón primario

La forma ácida y la sal disódica de EDTA se pueden adquirir como reactivos de alta pureza.

El ácido se emplea como patrón primario al desecarlo a 105 °C y se agrega la cantidad de base fuerte (NaOH) necesaria mínima para disolverlo.

La sal disódica o anhidra, tiene generalmente el 0.3% de humedad superficial, por lo que se deseca a 80 °C por varios días. El agua usada para su disolución no debe contener trazas de iones polivalentes.

EDTA patrón secundario

Un patrón secundario es aquel que se valora con una solución estandarizada proveniente de un patrón primario o estándar. Debido a que el EDTA es un ácido, se usa el carbonato de calcio como patrón primario.

La pureza del CaCO_3 es del 99.99999%. Para su preparación el patrón primario se deseca a 200 °C por cuatro horas en CO_2 . Se deja enfriar en un desecador y se disuelve.

Se toma una alícuota de una solución de EDTA para valorar, se usa rojo de metilo como indicador y se titula la solución de EDTA con la solución estándar de CaCO_3 .

Cu (II)

La solución de EDTA usada en la práctica, Determinación espectrofotométrica de Cu (II) con EDTA en medio de doble amortiguamiento: pH y pGlicina, fue preparada como patrón primario, es decir se desecó la sal disódica y se procedió a realizar la preparación.

Al valorar el Cu(II) en buffer de glicina pH=9.5 seguida espectrofotométricamente, se puede considerar que la solución de Cu(II) está estandarizada, dando como concentración real 0.0204 M (valor reportado en el anexo de la respectiva práctica).

Para la práctica, Valoración potenciométrica de una muestra comercial de ácido ascórbico con Cu (II) en medio amortiguado de pH y pSCN', el Cu (II) 0.02 M usado para la valoración de ácido ascórbico fue la misma usada en la práctica, Determinación espectrofotométrica de Cu (II) con EDTA en medio de doble amortiguamiento: pH y pGlicina, por lo tanto la solución de Cu (II) usada para valorar el ácido ascórbico está estandarizada por medio de un método instrumental y se considera como un patrón secundario.