

Universidad Rafael Landívar
Facultad de Ingeniería
Ingeniería en Sistemas
Laboratorio de Química Básica, sección 7
Catedrático: Lisbeth Gabriela Zelada Martinez
Auxiliar: Carlos Bran



PRE-LABORATORIO NO. 5
CUANTIFICACIÓN SEMIANALÍTICA DE CARBONO CÚPRICO

Julio Anthony Engels Ruiz Coto - 1284719

Guatemala 18 de marzo de 2025

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	1
II.I	MARCO TEÓRICO	1
II.II	TABLAS DE SEGURIDAD	5
II.II.I	TABLAS SOBRE FICHAS DE SEGURIDAD.....	5
III.II.I.I	TABLA DE PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	5
III.II.I.II	TABLA DE TOXICIDADES, ANTÍDOTOS Y FORMAS DE DESECHO.....	6
III.	OBJETIVOS.....	8
III.I	GENERALES	8
III.II	ESPECÍFICOS.....	8
IV.	METODOLOGÍA	9
IV.I	DIAGRAMA DE FLUJO.....	9
IV.I.I	PROCEDIMIENTO A	9
V.	REACCIONES QUÍMICAS	10
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
VI.I	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
VI.II	REFERENCIAS ELECTRÓNICAS	11

I. INTRODUCCIÓN

El 18 de marzo de 2025 se llevará a cabo la Práctica de Laboratorio N.^o 5, titulada “Cuantificación semianalítica de carbono cúprico”. Durante esta sesión, se profundizará en la técnica de gravimetría, que consiste en precipitar, filtrar y pesar un compuesto insoluble para determinar cuantitativamente un elemento de interés. El trabajo se centrará en la formación de carbonato cúprico a partir de sulfato cúprico y carbonato sódico, lo cual permitirá comprender la relevancia de los pasos de lavado, secado y pesaje para obtener resultados fiables.

El objetivo general apunta a cuantificar el carbonato cúprico obtenido de la reacción entre CuSO₄ y Na₂CO₃, evaluando la exactitud del método gravimétrico. Para ello, se plantean tres objetivos específicos: verificar la formación del precipitado, examinar la eficiencia de la filtración y el secado, y determinar la proporción de cobre en la muestra original, aplicando principios de gravimetría y validando la reproducibilidad de las mediciones.

La gravimetría es una técnica clásica y precisa, ya que no depende de instrumentación compleja y ofrece un bajo margen de error (Chang & Goldsby, 2018). En este caso, la reacción entre CuSO₄ y Na₂CO₃ origina el precipitado azul de carbonato cúprico (CuCO₃), que, tras un cuidadoso filtrado y un secado metódico, se pesa para calcular la cantidad de cobre presente (Brown et al., 2021). Controlar factores como la solubilidad del producto, la temperatura y la pureza de los reactivos es decisivo para minimizar pérdidas o impurezas.

En el laboratorio, se procederá a enjuagar y rotular los materiales requeridos, mezclar las disoluciones de CuSO₄ y Na₂CO₃ para precipitar el carbonato cúprico, y añadir una pequeña cantidad de agua para facilitar la sedimentación. A continuación, se filtrará el producto mediante embudo y papel filtro, previamente pesado con un vidrio de reloj. Tras guardar el precipitado húmedo en un recipiente rotulado, se secará el sólido para, en una etapa posterior, volver a pesarlo y determinar la cantidad de cobre por diferencia de masa.

La relevancia de esta práctica radica en que afianza las habilidades de cuantificación gravimétrica, reforzando la atención a los detalles experimentales que impactan la exactitud de los resultados (Petrucci et al., 2017). Además, la experiencia sienta las bases para la interpretación crítica de los datos y la aplicación de criterios de error, facilitando la transición hacia técnicas analíticas más avanzadas. Con ello, se busca forjar un entendimiento sólido del papel de la gravimetría en contextos académicos e industriales, donde la precisión y el control de variables son indispensables para la calidad del análisis químico.

II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

II.I MARCO TEÓRICO

II.I.I ANÁLISIS GRAVIMÉTRICO

El análisis gravimétrico es un método cuantitativo que determina la cantidad de un analito basándose en la masa de un producto sólido. Este método analítico se fundamenta en la separación del analito de interés de una muestra mediante diversas técnicas como precipitación, volatilización o electrodeposición, seguido por la medición precisa de su masa (Skoog et al., 2015). La gravimetría se destaca por su alta precisión y exactitud, siendo una técnica referencia en química analítica para la determinación de la composición de numerosas sustancias.

Entre las ventajas principales del análisis gravimétrico se encuentran su simplicidad instrumental, ya que solo requiere instrumentos básicos como balanzas analíticas y material de laboratorio convencional, y su capacidad para proporcionar resultados con alta precisión cuando se ejecuta correctamente. A diferencia de otros métodos analíticos, no requiere estándares de calibración, lo que lo convierte en un método primario de análisis. Sin embargo, es importante considerar que el análisis gravimétrico puede ser relativamente lento en comparación con técnicas instrumentales modernas, y requiere habilidad y cuidado por parte del analista para minimizar errores (Chang & Goldsby, 2018).

II.I.II GRAVIMETRÍA POR PRECIPITACIÓN

La gravimetría por precipitación es una técnica específica dentro del análisis gravimétrico que se basa en la formación de un precipitado sólido a partir de una solución que contiene el analito de interés. Este método implica la adición de un reactivo precipitante que reacciona selectivamente con el analito para formar un compuesto insoluble, el cual puede ser separado, purificado y pesado (Petrucci et al., 2017).

Para que un análisis gravimétrico por precipitación sea efectivo, el precipitado formado debe cumplir con ciertos requisitos fundamentales. Debe ser suficientemente insoluble para minimizar pérdidas durante el proceso de separación, debe tener una composición química definida y estable después del secado o calcinación, y debe ser fácilmente filtrable y lavable para eliminar impurezas. Además, el precipitado debe ser puro o con impurezas que puedan ser cuantificadas y corregidas (Burns, 2013).

El proceso de precipitación está influenciado por diversos factores como la temperatura, el pH, la concentración de reactivos y la velocidad de adición del agente precipitante. Estos factores afectan la solubilidad del precipitado, su pureza y sus características físicas como el tamaño de partícula y la tendencia a la coprecipitación de impurezas. Por ejemplo, una precipitación lenta y controlada generalmente produce cristales más grandes y puros, mientras que una precipitación rápida puede resultar en partículas más pequeñas y menos puras (Skoog et al., 2015).

II.I.III FORMACIÓN DE PRECIPITADOS

La formación de precipitados es un proceso que ocurre cuando la concentración de un soluto excede su solubilidad en un solvente específico. Este fenómeno se rige por principios termodinámicos y cinéticos que determinan la estabilidad y características del sólido formado. El proceso de precipitación generalmente consta de dos etapas principales: nucleación y crecimiento de cristales (Chang & Goldsby, 2018).

La nucleación es la etapa inicial donde se forman pequeños núcleos o semillas del precipitado. Puede ser homogénea, ocurriendo espontáneamente en la solución, o heterogénea, cuando se inicia en superficies preexistentes como impurezas o las paredes del recipiente. Una vez formados los núcleos, comienza el crecimiento de cristales mediante la adición de iones o moléculas de la solución a estos núcleos. La velocidad de crecimiento depende de factores como la concentración de soluto, temperatura y presencia de impurezas (Petrucci et al., 2017).

El concepto de sobresaturación es crucial en la formación de precipitados. Una solución está sobresaturada cuando contiene más soluto del que puede mantenerse en solución bajo condiciones de equilibrio. Este estado metaestable proporciona la fuerza impulsora para la precipitación. La magnitud de la sobresaturación influye directamente en la velocidad de nucleación y crecimiento, y consecuentemente, en el tamaño y pureza del precipitado formado (Burns, 2013).

II.I.IV PRODUCTO DE SOLUBILIDAD Y PRECIPITACIÓN

El producto de solubilidad (K_{ps}) es una constante de equilibrio que expresa la solubilidad de un compuesto iónico poco soluble en agua. Para un compuesto iónico genérico A_xB_y que se disocia en iones A^{y+} y B^{x-} , el producto de solubilidad se define como:

$$K_{ps} = [A^{y+}]^x \cdot [B^{x-}]^y$$

EC. 01

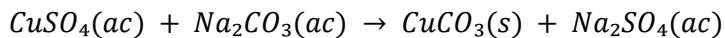
donde $[A^{y+}]$ y $[B^{x-}]$ representan las concentraciones molares de los iones en el equilibrio. El valor de K_{ps} proporciona información sobre la solubilidad del compuesto: cuanto menor sea el valor de K_{ps} , menor será la solubilidad del compuesto (Skoog et al., 2015).

La precipitación ocurre cuando el producto iónico (Q), que es el producto de las concentraciones de los iones elevadas a sus coeficientes estequiométricos, excede el valor del producto de solubilidad (K_{ps}). En términos matemáticos, se produce precipitación cuando $Q > K_{ps}$. Esta relación es fundamental para predecir si ocurrirá precipitación en una solución y para diseñar procedimientos analíticos basados en la formación de precipitados (Chang & Goldsby, 2018).

El principio del producto de solubilidad también permite calcular la concentración mínima de un ion necesaria para iniciar la precipitación, conocida como concentración crítica. Este concepto es especialmente útil en análisis gravimétrico para determinar las condiciones óptimas de precipitación y maximizar la recuperación del analito (Petrucci et al., 2017).

II.I.V CARBONATO CÚPRICO Y SU FORMACIÓN

El carbonato cúprico (CuCO_3) es un compuesto inorgánico que se forma mediante la reacción entre iones cobre (II) y carbonato. En solución acuosa, el carbonato cúprico es poco soluble y tiende a precipitar como un sólido de color azul verdoso. La reacción de formación del carbonato cúprico a partir de sulfato cúprico y carbonato sódico se representa mediante la siguiente ecuación química (Burns, 2013):



EC. 02

Esta reacción implica un intercambio de iones conocido como reacción de metátesis o doble desplazamiento, donde los iones cobre (Cu^{2+}) se combinan con los iones carbonato (CO_3^{2-}) para formar el precipitado de carbonato cúprico, mientras que los iones sodio (Na^+) y sulfato (SO_4^{2-}) permanecen en solución formando sulfato de sodio soluble (Skoog et al., 2015).

El carbonato cúprico tiene un producto de solubilidad (K_{ps}) relativamente bajo, lo que favorece su precipitación en condiciones adecuadas. Sin embargo, es importante notar que, en condiciones de pH bajo, los iones carbonato pueden protonarse formando bicarbonato (HCO_3^-) o ácido carbónico (H_2CO_3), lo que afectaría la formación del precipitado. Por esta razón, la reacción se lleva a cabo generalmente en condiciones de pH neutro o ligeramente alcalino para favorecer la presencia de iones carbonato (Chang & Goldsby, 2018).

II.I.VI FILTRACIÓN Y TÉCNICAS DE SEPARACIÓN DE PRECIPITADOS

La filtración es un proceso fundamental en el análisis gravimétrico que permite separar el precipitado sólido de la solución. Existen diferentes métodos de filtración, siendo los más comunes la filtración por gravedad y la filtración al vacío. La elección del método depende de factores como el tamaño de partícula del precipitado, su estabilidad y el volumen de solución a filtrar (Petrucci et al., 2017).

En la filtración por gravedad, la solución con el precipitado se vierte en un embudo que contiene un papel de filtro, y la separación ocurre por la acción de la gravedad. Este método es simple y adecuado para precipitados de tamaño mediano a grande. El papel de filtro utilizado debe seleccionarse según el tamaño de partícula del precipitado y la velocidad de filtración requerida. Los papeles de filtro se clasifican generalmente por su porosidad, existiendo diferentes grados para distintas aplicaciones (Burns, 2013).

La técnica de filtración por gravedad requiere ciertas consideraciones prácticas. El papel de filtro debe doblarse correctamente para maximizar la superficie de filtración y asegurar un ajuste adecuado en el embudo. La transferencia del precipitado debe realizarse cuidadosamente para minimizar pérdidas, y es recomendable lavar el precipitado con pequeñas porciones de solución de lavado para eliminar impurezas solubles (Skoog et al., 2015).

Después de la filtración, el precipitado debe secarse adecuadamente para eliminar la humedad residual y obtener una masa constante. El secado puede realizarse a temperatura ambiente o en estufas a temperaturas controladas, dependiendo de la estabilidad térmica del precipitado. En algunos casos,

puede ser necesario un tratamiento térmico adicional como la calcinación para convertir el precipitado en un compuesto de composición definida y estable (Chang & Goldsby, 2018).

II.I.VI.I CÁLCULOS EN ANÁLISIS GRAVIMÉTRICO

Los cálculos en análisis gravimétrico se basan en la relación estequiométrica entre el analito de interés y el compuesto pesado. El factor gravimétrico, también conocido como factor estequiométrico, es un valor numérico que relaciona la masa del analito con la masa del compuesto pesado. Se calcula como la relación entre la masa molar del analito y la masa molar del compuesto pesado, considerando la estequiometría de la reacción (Petrucci et al., 2017).

Por ejemplo, en la determinación de cobre mediante precipitación como carbonato cúprico, el factor gravimétrico para calcular la masa de cobre a partir de la masa de CuCO_3 sería:

$$\text{Factor gravimétrico} = (\text{Masa molar de Cu}) / (\text{Masa molar de } \text{CuCO}_3)$$

EC. 03

La masa de cobre se calcula multiplicando la masa del precipitado por este factor:

$$\text{Masa de Cu} = \text{Masa de } \text{CuCO}_3 \times \text{Factor gravimétrico}$$

EC. 04

Adicionalmente, es importante considerar posibles errores en los cálculos gravimétricos, como la coprecipitación de impurezas, pérdidas durante la filtración o transferencia, y variaciones en la composición del precipitado debido a adsorción de agua o descomposición térmica. Estos errores pueden minimizarse mediante técnicas adecuadas de precipitación, lavado y secado (Skoog et al., 2015).

II.I.VI.II APLICACIONES DEL ANÁLISIS GRAVIMÉTRICO

El análisis gravimétrico tiene numerosas aplicaciones en diversos campos de la química y la industria. En química analítica, se utiliza para la determinación precisa de la composición de muestras, validación de métodos instrumentales y estandarización de soluciones. En la industria, se aplica en control de calidad de materias primas y productos terminados, análisis de minerales y aleaciones, y determinación de impurezas en diversos materiales (Burns, 2013).

En el ámbito académico, el análisis gravimétrico constituye una herramienta didáctica valiosa para la enseñanza de conceptos químicos fundamentales como estequiometría, equilibrio químico y solubilidad. Además, fomenta el desarrollo de habilidades prácticas en el laboratorio como la manipulación precisa de materiales, técnicas de separación y manejo de instrumentos analíticos (Chang & Goldsby, 2018).

A pesar del desarrollo de técnicas instrumentales modernas más rápidas y automatizadas, el análisis gravimétrico mantiene su relevancia en situaciones donde se requiere alta precisión y exactitud sin necesidad de calibración externa. Además, en laboratorios con recursos limitados, la gravimetría representa una alternativa viable y económica para análisis cuantitativos confiables (Petrucci et al., 2017).

II.II TABLAS DE SEGURIDAD

II.II.I TABLAS SOBRE FICHAS DE SEGURIDAD

III.II.I.I TABLA DE PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Sustancias	Formula Química	Masa molar	Apariencia	Densidad	Punto de Fusión	Punto de Ebullición	Solubilidad
Carbonato cúprico	CuCO ₃	123.55 g/mol	Sólido de color verde-azulado, polvo cristalino	~3.90 (20 °C)	Se descompone >200 °C (no fusión clara)	N/A (se descompone)	Prácticamente insoluble en agua, soluble en ácidos minerales
Sulfato cúprico	CuSO ₄	159.61 g/mol	Cristales azules (pentahidratado: CuSO ₄ ·5H ₂ O)	3.60 g/cm ³ (anhidro)	110 °C (pérdida de H ₂ O)	150 °C (descompone)	32 g/100 mL (agua, 20 °C)
Carbonato sódico	Na ₂ CO ₃	105.99 g/mol	Sólido blanco, higroscópico en polvo o cristales	2.53 (20 °C)	851 (fusión, 1 atm)	Se descompone >1600 °C	Altamente soluble en agua (pH básico en disolución)
Agua destilada	H ₂ O	18.02 g/mol	Incoloro, fácilmente inflamable, olor fuerte, explosivo	0.493 g/mL a 25 °C y 1 atm	-187.65 °C a 1 atm	- 42.1 °C a 1 atm	80 g/l a 20 °C en agua

Fuente: CTR scientific, s.f

**III.II.I.II TABLA DE TOXICIDADES, ANTÍDOTOS Y FORMAS DE
DESECHO**

Nombre de la sustancia	Dosis letal	Toxicidades	Antídoto	Reactividad	Formas de Desecho
Carbonato cúprico (<i>CuCO₃</i>)	N/A (no se dispone de LD50 exacta)	<p>Por contacto con la piel: irritación o escozor.</p> <p>Por contacto con los ojos: posible enrojecimiento, molestias.</p> <p>Por ingestión: en grandes cantidades, toxicidad por cobre (dolor estomacal, náuseas).</p> <p>Por inhalación: polvo irritante para vías respiratorias.</p>	<p>Por contacto con la piel/ojos: lavar con abundante agua.</p> <p>Por ingestión: beber agua y buscar atención si hay síntomas graves.</p> <p>Por inhalación: retirar a un área ventilada y enjuagar la boca.</p>	Reacciona con ácidos, liberando CO ₂ y sales de cobre solubles. Evitar mezclar con oxidantes fuertes.	Derrame: recoger cuidadosamente el sólido. Desecho: pequeñas cantidades en contenedor de residuos sólidos; grandes volúmenes, consultar normativa local.
Sulfato cúprico (<i>CuSO₄</i>)	LD50 oral (rata) ~300 mg/kg (<i>para CuSO₄ anhidro</i>)	<p>Por contacto con la piel: irritación, corrosión en concentraciones altas.</p> <p>Por contacto con ojos: irritación, daños moderados si no se enjuaga.</p> <p>Por ingestión: irritación GI, toxicidad por cobre (vómito, calambres).</p> <p>Por inhalación: polvo o aerosoles irritantes.</p>	<p>Por contacto con la piel/ojos: enjuagar con agua por 15 minutos.</p> <p>Por ingestión: no inducir vómito sin indicación médica, beber agua y buscar ayuda inmediata.</p> <p>Por inhalación: retirar a aire fresco, controlar síntomas.</p>	Reacciona con bases, formando precipitados (hidróxidos, carbonatos). En presencia de sustancias reductoras puede liberar cobre metálico.	Derrame: recoger y lavar zona con agua. Desecho: no verter directamente al desagüe; neutralizar si corresponde y desechar conforme a normativas ambientales (riesgo de contaminación por iones cobre).

Carbonato sódico <i>(Na₂CO₃)</i>	LD50 oral (rata) ~2800 mg/kg	Por contacto con la piel: resequedad o irritación leve. Por contacto con ojos: enrojecimiento, irritación. Por ingestión: malestar, posible náusea por alcalinidad. Por inhalación: polvo puede causar tos o irritación respiratoria.	Por contacto con la piel/ojos: enjuagar con abundante agua. Por ingestión: beber agua, buscar atención si persiste dolor. Por inhalación: moverse a aire fresco; enjuagar nariz y boca.	Reacciona con ácidos liberando CO ₂ . Estable con sustancias inertes; pH alcalino en disolución.	Derrame: recoger en contenedor o diluir en agua y limpiar. Desecho: pequeñas cantidades pueden vestirse al drenaje con abundante agua; para grandes volúmenes, seguir la normativa local.
Agua destilada <i>(H₂O)</i>	N/A (no tóxica en condiciones normales)	Por contacto con la piel: sin efecto nocivo. Por contacto con ojos: no tóxica. Por ingestión: en exceso, riesgo de hiponatremia. Por inhalación: no aplica (no genera vapores tóxicos).	Generalmente no requiere antídoto. En casos de sobrehidratación extrema (hiponatremia), controlar electrolitos bajo supervisión médica.	No inflamable; pH ~7. Reacciona solo con compuestos altamente reactivos (ej. metales alcalinos).	Derrame: sin riesgos, secar o dejar drenar. Desecho: verter libremente al desagüe si no contiene contaminantes.

Fuente: Química UNAM, s.f

III. OBJETIVOS

III.I GENERALES

Cuantificar el carbonato cúprico obtenido a partir de la reacción entre sulfato cúprico y carbonato sódico, evaluando la exactitud del método gravimétrico y controlando las etapas de precipitación, filtración y secado.

III.II ESPECÍFICOS

- Verificar la formación de carbonato cúprico mediante la reacción de CuSO₄ con Na₂CO₃, anotando las características físicas del precipitado.
- Examinar la eficiencia de la filtración y el secado del sólido, registrando la masa final y comparando los datos con los valores teóricos.
- Determinar la proporción de cobre en la muestra original, aplicando principios de gravimetría y validando la reproducibilidad de las mediciones.

IV. METODOLOGÍA

IV.I DIAGRAMA DE FLUJO

IV.I.I PROCEDIMIENTO A

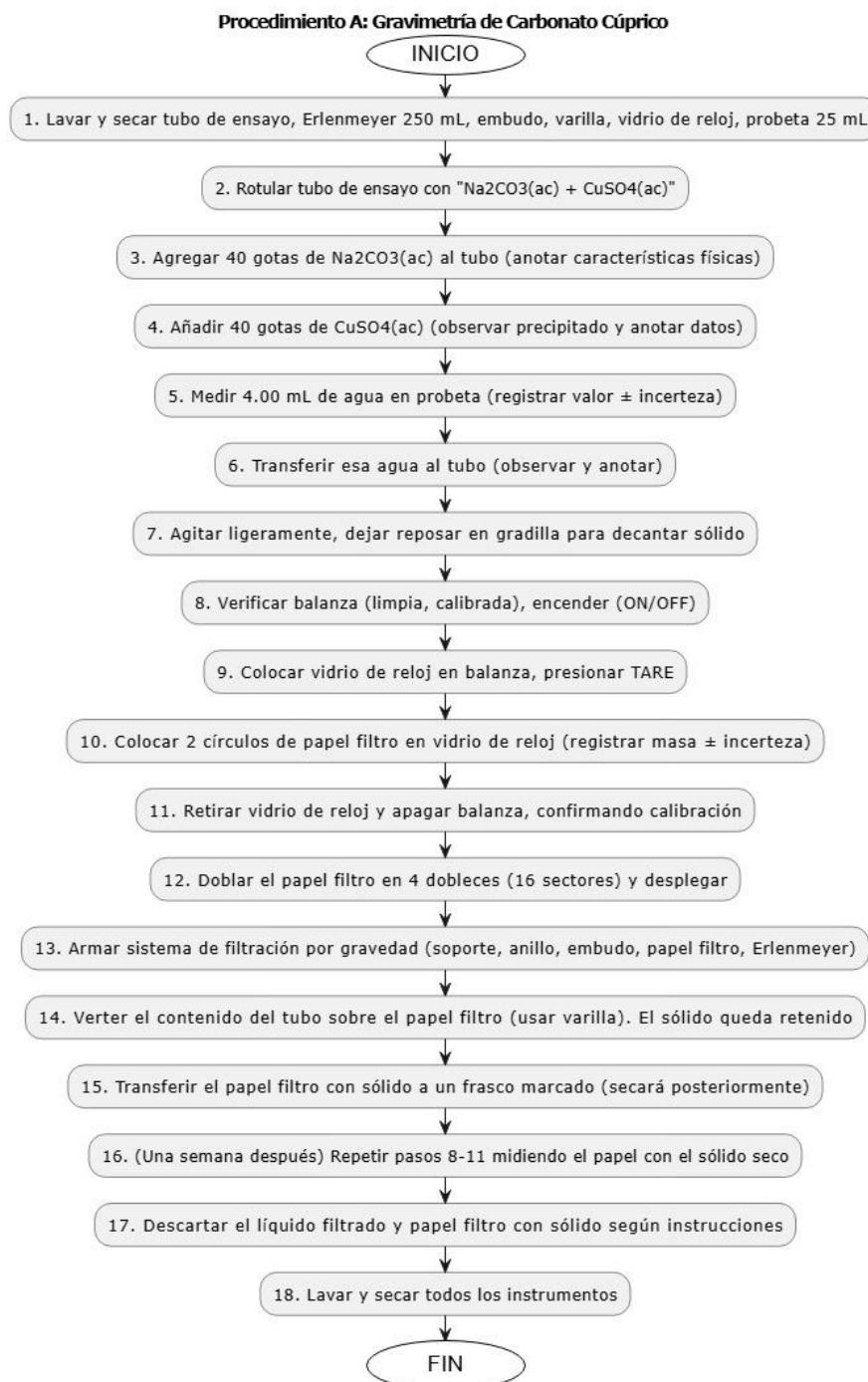
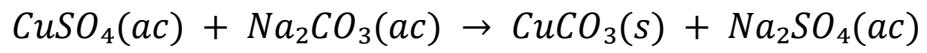


Diagrama 1: Procedimiento A (Elaboración propia a partir del Manual de Laboratorio de Química Básica, 2025)

V. REACCIONES QUÍMICAS

V.I PRECIPITACIÓN DEL CARBONO CÚPRICO



ELABORACIÓN PROPIA

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VI.I REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brown, T., Lemay, H., Bursten, B., & Murphy, C. (2014). Química: La ciencia central (12^a ed.). Editorial Pearson Education. Recuperado de <https://www.udocz.com/apuntes/903615/brown-quimica-la-ciencia-central-12va-edicion>
2. Chang, R., & Goldsby, K. (2018). Chemistry (13th ed.). McGraw-Hill. Recuperado de <https://archive.org/details/Chemistry13thEditionChang>
3. Petrucci, R. H., Herring, F. G., Madura, J. D., & Bissonnette, C. (2017). General Chemistry: Principles and Modern Applications (11th ed.). Pearson Education. Recuperado de <https://archive.org/details/GeneralChemistryPetrucci11th>
4. Atkins, P., & Jones, L. (2015). Chemical Principles: The Quest for Insight (6th ed.). W.H. Freeman. Recuperado de <https://archive.org/details/AtkinsJonesChemicalPrinciples6th>
5. Silberberg, M. (2017). Principles of General Chemistry (4th ed.). McGraw-Hill. Recuperado de <https://archive.org/details/PrinciplesOfGeneralChemistry4thSilberberg>
6. Burns, R. (2013). Fundamentos de Química. Pearson Educación. Recuperado de https://quimica247403824.wordpress.com/wpcontent/uploads/2018/11/fundamentos_de_la_quimica2.pdf
7. Petrucci, H., Harwood, W., y Herring, F. (2017). Química General. Pearson Educación. Recuperado de https://quimica247403824.wordpress.com/wpcontent/uploads/2018/11/quimica_general_petrucci.pdf

VI.II REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

8. Optima Scale. (2024). OPH-T Precision Balances. <https://www.optimascale.com/product-page/oph-t-precision-balances>
9. Granja, L. (2025). *Manual de laboratorio de química básica*. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química, Área de Química. Primer Semestre 2025. Aprobado por Francisco Martínez.