

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. 6
IDENTIFICACIÓN CUALITATIVA DE SALES DE CLORURO

Julio Anthony Engels Ruiz Coto - 1284719

Guatemala 22 de abril de 2025

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	1
II.I	MARCO TEÓRICO.....	1
II.II	TABLAS DE SEGURIDAD	6
II.II.I	TABLAS SOBRE FICHAS DE SEGURIDAD	6
III.II.I.I	TABLA DE PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	6
III.II.I.II	TABLA DE TOXICIDADES, ANTÍDOTOS Y FORMAS DE DESECHO.....	7
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 22 de abril de 2025 se llevará a cabo la Práctica de Laboratorio N.^o 6, titulada “Identificación cualitativa de sales de cloruro”. En esta sesión, se busca la presencia de iones metálicos en varias sales de cloruro mediante la técnica de la llama, un método rápido y no cuantitativo que resalta la emisión de luz característica de cada elemento cuando se somete a altas temperaturas. La finalidad es que el estudiante comprenda cómo las propiedades electrónicas de los iones contribuyen a la aparición de colores específicos, al tiempo que adquiere destreza en la manipulación segura de muestras inflamables y en la preparación cuidadosa del material.

Para enmarcar la práctica, el objetivo general consiste en determinar la presencia de iones metálicos en distintas sales de cloruro a través de la observación de la llama. De forma complementaria, se plantean tres objetivos específicos: verificar la variación cromática de cada sal al exponerse al fuego, analizar cómo la limpieza de los instrumentos afecta la confiabilidad de los resultados y relacionar la coloración resultante con la composición iónica de las muestras. Este enfoque permitirá reforzar la habilidad de correlacionar los cambios visibles con la teoría química subyacente.

La técnica de la llama se basa en que, al calentar un compuesto, los electrones del metal se excitan y emiten fotones de color particular al regresar a su nivel fundamental (Brown et al., 2021). Metales como el sodio o el potasio presentan llamas con matices amarillos o lilas, respectivamente, mientras que el cobre exhibe una tonalidad verde (Chang & Goldsby, 2018). Aunque no se considera un método analítico cuantitativo, esta prueba cualitativa sirve como punto de partida para la identificación de cationes; sin embargo, la observación de coloraciones mixtas o tenues puede indicar interferencias debidas a contaminación o mezclas de diferentes iones (Petrucci et al., 2017).

En el laboratorio, se procederá a rotular y lavar detalladamente las cápsulas de porcelana y la espátula para evitar contaminación cruzada. Luego, se colocará una pequeña muestra sólida de cada sal de cloruro en su correspondiente cápsula, añadiendo metanol para facilitar la ignición. Al encender esta mezcla con un fósforo largo, se observará cuidadosamente el color que adopta la llama y se anotarán los datos en el cuaderno. Tras repetir el procedimiento con las demás sales, se compararán los resultados con referencias conocidas, relacionando la tonalidad con los iones metálicos presentes.

Esta práctica reviste especial importancia por demostrar la utilidad de las reacciones a la llama en la química analítica cualitativa, donde la identificación preliminar de iones se realiza sin instrumentación costosa. Además, pone de relieve la necesidad de un manejo meticuloso de instrumentos y reactivos, ya que la presencia de residuos o mezclas indeseadas puede distorsionar los colores obtenidos. Con base en los hallazgos, el estudiante adquirirá una perspectiva más amplia sobre la relación entre la estructura electrónica de los metales y la emisión de luz visible, sentando así las bases para explorar técnicas más avanzadas de espectroscopía y un control refinado de la calidad experimental.

II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

II.I MARCO TEÓRICO

II.I.I QUÍMICA ANALITICA CUALITATIVA

La química analítica cualitativa constituye una rama fundamental de la química que se enfoca en identificar los componentes presentes en una muestra sin cuantificarlos. A diferencia del análisis cuantitativo, que determina la cantidad exacta de cada componente, el análisis cualitativo permite establecer la presencia o ausencia de elementos, compuestos o grupos funcionales específicos mediante diversos métodos de identificación (Chang & Goldsby, 2018). Este enfoque analítico resulta crucial como etapa inicial en numerosos procesos científicos e industriales, pues proporciona información esencial sobre la composición de sustancias desconocidas.

El análisis cualitativo emplea diversos métodos, incluyendo reacciones químicas específicas, técnicas espectroscópicas y pruebas físicas que provocan cambios observables como precipitaciones, cambios de color o emisión de luz con características específicas. Estas técnicas aprovechan las propiedades químicas y físicas únicas de cada elemento o compuesto para su identificación (Petrucci et al., 2017).

II.I.II ESTRUCTURA ATÓMICA Y EMISIÓN ESPECTRAL

Para comprender adecuadamente la base teórica de la prueba a la llama, es necesario revisar los fundamentos de la estructura atómica y la emisión espectral. Según el modelo atómico de Bohr y sus posteriores refinamientos en la mecánica cuántica, los electrones ocupan niveles de energía específicos alrededor del núcleo atómico. Cuando los átomos reciben energía, como la proporcionada por una fuente de calor, los electrones pueden ser excitados y saltar a niveles energéticos superiores (Brown et al., 2014).

Estos estados excitados son inestables, y los electrones tienden a regresar rápidamente a su nivel energético fundamental. En este proceso de relajación, liberan la energía absorbida en forma de radiación electromagnética. Dado que cada elemento posee una configuración electrónica única, las transiciones energéticas resultantes también son únicas, generando fotones con longitudes de onda específicas que se observan como colores característicos (Silberberg, 2017).

La ecuación que relaciona la energía liberada con la longitud de onda del fotón emitido es:

$$E = hc/\lambda$$

EC. 01

Donde:

- E representa la energía del fotón
- h es la constante de Planck ($6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$)
- c es la velocidad de la luz ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$)
- λ es la longitud de onda del fotón

Según Burns (2013), esta relación explica por qué cada elemento produce un espectro de emisión característico que puede utilizarse como "huella dactilar" para su identificación.

II.I.III PRUEBA A LA LLAMA COMO MÉTODO DE IDENTIFICACIÓN

La prueba a la llama es una técnica analítica cualitativa clásica que ha mantenido su relevancia a través del tiempo debido a su simplicidad, eficacia y bajo costo. Esta metodología aprovecha el fenómeno de emisiónpectral para identificar principalmente elementos metálicos, en especial los pertenecientes a los grupos 1 y 2 de la tabla periódica (metales alcalinos y alcalinotérreos), aunque también es aplicable a otros elementos metálicos (Chang & Goldsby, 2018).

El fundamento de esta técnica radica en que cuando una muestra que contiene iones metálicos se introduce en una llama, la energía térmica proporcionada excita los electrones de los átomos metálicos, promoviendo su salto a niveles energéticos superiores. Al retornar a su estado basal, estos electrones emiten fotones con energías (y por tanto longitudes de onda) características para cada elemento, produciendo coloraciones específicas en la llama que actúan como indicadores visuales para la identificación del metal presente (Atkins & Jones, 2015).

La intensidad y la nitidez del color observado dependen de varios factores, como la concentración del ion metálico, la temperatura de la llama y la presencia de otros elementos que podrían interferir. Por ejemplo, la presencia de pequeñas cantidades de sodio puede enmascarar otros colores debido a la intensidad de su emisión amarilla característica (Petrucci et al., 2017).

II.I.IV COLORACIONES CARACTERÍSTICAS EN LA PRUEBA A LA LLAMA

Cada elemento metálico produce una coloración distintiva cuando sus sales se someten a la prueba de la llama. Estas coloraciones son el resultado de las transiciones electrónicas específicas que ocurren en los átomos de cada elemento. A continuación, se presentan las coloraciones más características de algunos metales comunes:

Metales alcalinos:

- Litio (Li): Rojo carmesí intenso (670.8 nm)
- Sodio (Na): Amarillo intenso (589.2 nm)
- Potasio (K): Violeta pálido (404.7 nm y 766.5 nm)
- Rubidio (Rb): Rojo-violeta
- Cesio (Cs): Azul pálido

Metales alcalinotérreos:

- Calcio (Ca): Rojo-anaranjado (622 nm)
- Estroncio (Sr): Rojo carmín intenso (660.4 nm)
- Bario (Ba): Verde amarillento (524 nm)

Otros metales:

- Cobre (Cu): Verde azulado (cuando se presenta como CuCl₂) o verde intenso (en otras sales)
- Plomo (Pb): Azul pálido
- Zinc (Zn): Verde azulado pálido
- Boro (B): Verde brillante (Brown et al., 2014)

Estas coloraciones características permiten la identificación preliminar del catión metálico presente en una sal. Sin embargo, para una identificación más precisa, especialmente en muestras complejas, se recomienda complementar esta técnica con otros métodos analíticos (Petrucci, Harwood & Herring, 2017).

II.I.V SALES DE CLORURO: PROPIEDADES Y COMPORTAMIENTO

Las sales de cloruro son compuestos iónicos formados por la combinación de un catión metálico con el anión cloruro (Cl⁻). La fórmula general de estas sales es MCl_n, donde M representa el catión metálico y n corresponde a su valencia. Estas sales presentan diversas propiedades fisicoquímicas dependiendo del catión metálico con el que se asocia el ion cloruro (Chang & Goldsby, 2018).

Las sales de cloruro generalmente exhiben alta solubilidad en agua, con algunas excepciones notables como el cloruro de plata (AgCl), el cloruro de plomo(II) (PbCl₂) y el cloruro mercurioso (Hg₂Cl₂). Esta alta solubilidad se debe a la fuerte interacción entre las moléculas de agua (polares) y los iones que constituyen la sal (Silberberg, 2017).

En el contexto de la prueba a la llama, las sales de cloruro presentan varias ventajas:

- **Volatilidad:** Los cloruros metálicos tienden a ser relativamente volátiles cuando se calientan, lo que facilita su vaporización y atomización en la llama.
- **Transparencia espectral:** El ion cloruro no contribuye significativamente a la coloración de la llama, permitiendo que el color observado corresponda principalmente al catión metálico.
- **Estabilidad térmica adecuada:** Las sales de cloruro presentan una estabilidad térmica que permite su análisis efectivo en la llama sin descomposición prematura (Petrucci et al., 2017).

Estas características hacen que las sales de cloruro sean particularmente adecuadas para la identificación mediante la prueba a la llama.

II.I.VI EL METANOL COMO SOLVENTE EN ANÁLISIS CUALITATIVO

El metanol (CH₃OH), también conocido como alcohol metílico, desempeña un papel fundamental en la prueba a la llama como se realiza en esta práctica. Es un alcohol primario simple con propiedades fisicoquímicas que lo hacen ideal para esta aplicación analítica (Brown et al., 2014).

Las características del metanol que lo convierten en un solvente óptimo para la prueba a la llama incluyen:

- **Alta volatilidad:** Con un punto de ebullición de 64.7°C, el metanol se evapora rápidamente, facilitando la dispersión de los iones metálicos en la llama.
- **Combustibilidad:** El metanol es altamente inflamable y proporciona una combustión eficiente que aumenta la temperatura de la llama, mejorando la excitación de los electrones.
- **Poder disolvente:** Como solvente polar prótico, el metanol disuelve eficazmente muchas sales inorgánicas, particularmente cloruros, permitiendo una distribución homogénea de los iones metálicos en la muestra.
- **Llama limpia:** El metanol produce una llama prácticamente incolora por sí mismo, minimizando la interferencia en la observación de los colores emitidos por los iones metálicos (Atkins & Jones, 2015).

La reacción de combustión del metanol se puede representar mediante la siguiente ecuación:



EC. 02

Esta reacción exotérmica libera aproximadamente 726 kJ/mol de energía, proporcionando el calor necesario para excitar los electrones de los átomos metálicos presentes en la muestra (Petrucci, Harwood & Herring, 2017).

II.I.VII APPLICACIONES E IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS CUALITATIVO DE SALES

El análisis cualitativo de sales mediante la prueba a la llama tiene numerosas aplicaciones en diversos campos científicos y tecnológicos:

II.I.VII.I APPLICACIONES EDUCATIVAS

En entornos educativos, la prueba a la llama representa una demostración visual impactante de los principios de la mecánica cuántica y la estructura atómica. Proporciona evidencia empírica directa de los niveles de energía discretos en los átomos y la naturaleza cuantizada de la energía, conceptos fundamentales en la química moderna (Burns, 2013).

II.I.VII.II APPLICACIONES ANALÍTICAS

En laboratorios analíticos, la prueba a la llama sirve como método preliminar rápido para identificar cationes metálicos en muestras desconocidas antes de proceder a análisis más sofisticados y costosos. Esta técnica permite descartar o confirmar la presencia de ciertos elementos, optimizando el proceso analítico completo (Chang & Goldsby, 2018).

II.I.VII.III APPLICACIONES INDUSTRIALES

En la industria, el análisis cualitativo mediante la prueba a la llama se utiliza en control de calidad para verificar la composición de materias primas y productos finales. Sectores como la metalurgia, la fabricación de vidrios y cerámicas, y la producción de fertilizantes emplean esta técnica por su rapidez y bajo costo (Petrucci et al., 2017).

II.I.VII.IV APLICACIONES ARTÍSTICAS Y TECNOLÓGICAS

Los conocimientos sobre las coloraciones características de los metales en la llama se aplican en la industria pirotécnica para crear fuegos artificiales con diversos colores. De manera similar, esta información es relevante en la fabricación de lámparas especiales, señalización luminosa y algunos tipos de láseres (Brown et al., 2014).

II.I.VII.V APLICACIONES FORENSES Y ARQUEOLÓGICAS

En ciencias forenses y arqueología, el análisis cualitativo mediante la prueba a la llama puede proporcionar información preliminar sobre la composición de evidencias o artefactos históricos, ayudando a establecer su origen, autenticidad o método de fabricación (Silberberg, 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
Sal de cloruro	NaCl	58.44 g/mol	Sólido cristalino incoloro o blanco	2.16 g/cm ³ (25 °C)	801 °C (1 atm)	1,413 °C (1 atm)	359 g/L (agua, 20 °C)
Metanol	CH ₃ OH	32.04 g/mol	Líquido incoloro, olor característico	0.791 g/mL (20 °C)	-97.6 °C (1 atm)	64.7 °C (1 atm)	Miscible en agua y solventes orgánicos

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
Sal de cloruro (NaCl)	LD50 (rata, oral) 3,000 mg/kg	Por contacto con la piel: Irritación leve. Por contacto con los ojos: Irritación leve. Por ingestión: Hipertensión en exceso. Por inhalación: Irritación respiratoria.	Piel: Lavar con agua y jabón. Ojos: Enjuagar 15 min con agua. Ingestión: Beber agua. Inhalación: Aire fresco.	Reacciona con ácidos fuertes liberando HCl.	Derrame: Recoger sólido con material absorbente. Desecho: Diluir en agua y verter por drenaje.
Metanol (CH ³ OH)	LD50 (oral rata) 5,600 mg/kg	Por contacto con la piel: Irritación leve. Por contacto con los ojos: Quemaduras. Por ingestión: Ceguera, daño hepático. Por inhalación: Mareos, náuseas.	Piel: Lavar con agua y jabón. Ojos: Enjuagar 20 min, buscar atención médica. Ingestión: Administrar etanol (antídoto) bajo supervisión. Inhalación: Retirar a área ventilada.	Inflamable. Reacciona con oxidantes.	Derrame: Absorber con arena o material inerte. Desecho: Residuo peligroso (consultar normativa local).

Fuente: Química UNAM, s.f

III. OBJETIVOS

III.I GENERALES

Determinar la presencia de iones metálicos en distintas sales de cloruro mediante la técnica de la llama, correlacionando la coloración observada con la identidad de cada elemento.

III.II ESPECÍFICOS

- Verificar la variación cromática de cada sal de cloruro al exponerla a la llama, empleando metanol como agente de ignición y evitando contaminación cruzada.
- Analizar la influencia de la limpieza y el adecuado manejo de los instrumentos en la confiabilidad de los resultados obtenidos.
- Relacionar la coloración generada por cada sal con los iones presentes, elaborando conclusiones sobre la composición cualitativa de las muestras.

IV. METODOLOGÍA

IV.I DIAGRAMA DE FLUJO

IV.I.I PROCEDIMIENTO A

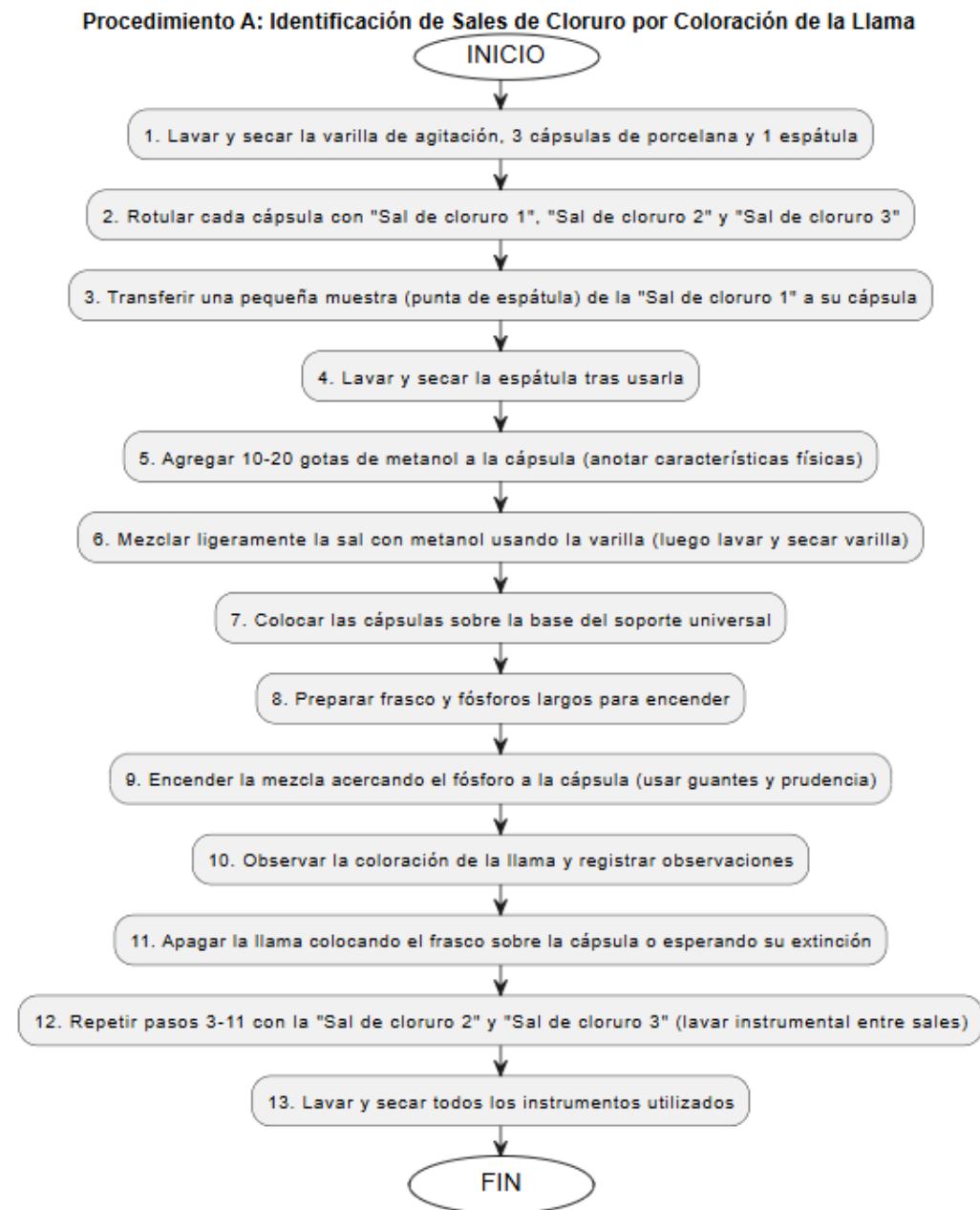
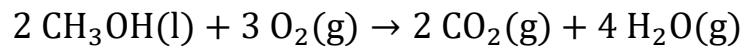


Diagrama 1: Procedimiento A (Elaboración propia a partir del Manual de Laboratorio de Química Básica, 2025)

V. REACCIONES QUÍMICAS

V.I COMBUSTIÓN DEL METANOL



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.
10. Departamento Química Básica FIUSAC. (23 de agosto de 2022). Video Tutorial: Uso del mechero Meker. [Archivo de video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=pg9V5VczOjI>