



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Mineralogía

Laboratorio

Programa Académico
Plan de Estudios
Fecha de elaboración
Versión del Documento

Elija un elemento.
2021
Junio de 2025



Dra. Martha Patricia Patiño Fierro
Rectora

Mtra. Ana Lisette Valenzuela Molina
**Encargada del Despacho de la Secretaría
General Académica**

Mtro. José Antonio Romero Montaña
Secretario General Administrativo

Lic. Jorge Omar Herrera Gutiérrez
**Encargado de Despacho de Secretario
General de Planeación**

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	4
IDENTIFICACIÓN	5
<i>Carga Horaria de la asignatura</i>	<i>5</i>
<i>Consignación del Documento</i>	<i>5</i>
MATRIZ DE CORRESPONDENCIA	6
NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS	8
<i>Reglamento general del laboratorio</i>	<i>8</i>
<i>Reglamento de uniforme</i>	<i>9</i>
<i>Uso adecuado del equipo y materiales.....</i>	<i>9</i>
<i>Manejo y disposición de residuos peligrosos.....</i>	<i>9</i>
<i>Procedimientos en caso de emergencia</i>	<i>10</i>
RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA..	11
PRÁCTICAS.....	15
FUENTES DE INFORMACIÓN	63
NORMAS TÉCNICAS APLICABLES.....	64
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.

INTRODUCCIÓN

Como parte de las herramientas esenciales para la formación académica de los estudiantes de la Universidad Estatal de Sonora, se definen manuales de práctica de laboratorio como elemento en el cual se define la estructura normativa de cada práctica y/o laboratorio, además de representar una guía para la aplicación práctica del conocimiento y el desarrollo de las competencias clave en su área de estudio. Su diseño se encuentra alineado con el modelo educativo institucional, el cual privilegia el aprendizaje basado en competencias, el aprendizaje activo y la conexión con escenarios reales.

Con el propósito de fortalecer la autonomía de los estudiantes, su pensamiento crítico y sus habilidades para la resolución de problemas, las prácticas de laboratorio integran estrategias didácticas como el aprendizaje basado en proyectos, el trabajo colaborativo, la experimentación guiada y el uso de tecnologías educativas. De esta manera, se promueve un proceso de enseñanza-aprendizaje dinámico, en el que los estudiantes no solo adquieren conocimientos teóricos, sino que también desarrollan habilidades prácticas y reflexivas para su desempeño profesional.

Señalar en este apartado brevemente los siguientes elementos según corresponda:

- Propósito del manual
- Justificación de su uso en el programa académico
- Competencias a desarrollar
 - **Competencias blandas:** Habilidades transversales que se refuerzan en las prácticas, como la comunicación, el trabajo en equipo, el uso de tecnologías, etc.
 - **Competencias disciplinares:** Conocimientos específicos del área del laboratorio, incluyendo fundamentos teóricos y habilidades técnicas.
 - **Competencias profesionales:** Aplicación de los conocimientos adquiridos en escenarios reales o simulados, en concordancia con el perfil de egreso del programa.

IDENTIFICACIÓN

Nombre de la Asignatura		Mineralogía	
Clave	052CP034	Créditos	6
Asignaturas Antecedentes	052CP045	Plan de Estudios	2021

Área de Competencia	Competencia del curso
Analizar los procesos de exploración, explotación y beneficio de los minerales, para contribuir a la toma de decisiones ética y responsable y a la resolución estratégica de las problemáticas de la industria minera conforme a la normatividad vigente y a los contextos económicos, ambientales y sociales.	Identificar minerales de acuerdo con los estándares de formación que caracterizan su cristalización, describiendo propiedades físicas y químicas propuestas por la Asociación de Mineralogía Internacional (IMA), mediante la aplicación de técnicas y herramientas probadas en el área de geología y/o laboratorio, con la finalidad de reconocer minerales en muestra de mano y evaluar proyectos de interés geológico-minero mediante el pensamiento crítico y estratégico.

Carga Horaria de la asignatura

Horas Supervisadas			Horas Independientes	Total de Horas
Aula	Laboratorio	Plataforma		
1	4	1	1	7

Consignación del Documento

Unidad Académica	Unidad Académica Hermosillo
Fecha de elaboración	Junio de 2025
Responsables del diseño	Iveth Viridiana Garcia Amaya
Validación	
Recepción	Coordinación de Procesos Educativos

MATRIZ DE CORRESPONDENCIA

Señalar la relación de cada práctica con las competencias del perfil de egreso.

PRÁCTICA	PERFIL DE EGRESO
Práctica de sistemas cristalográficos.	Proporciona las bases estructurales necesarias para la identificación mineralógica, lo cual es fundamental en los estudios geológicos enfocados a la búsqueda de recursos minerales.
Práctica de identificación de propiedades físicas.	Permite reconocer y clasificar minerales, habilidad esencial para efectuar estudios de exploración geológica directa, apoyando la definición del modelo geológico.
Práctica de identificación de propiedades químicas.	Fortalece la capacidad de análisis de minerales para su caracterización y evaluación del potencial económico, base para determinar su explotación y procesamiento.
Práctica de identificación de propiedades ópticas.	Contribuye a la identificación petrográfica y mineralógica en lámina delgada, útil para estudios detallados en exploración y análisis de yacimientos.
Práctica de identificación de propiedades electromagnéticas.	Prepara al estudiante en la comprensión de propiedades relevantes para métodos de exploración geofísica (exploración indirecta) y en la selección de minerales de interés económico.
Práctica de identificación de elementos nativos.	Apoya el conocimiento de minerales metálicos valiosos que forman parte de los yacimientos minerales evaluados para su extracción.
Práctica de identificación de silicatos y subgrupos.	Desarrolla habilidades para clasificar la litología y comprender la mineralogía de fondo en contextos geológicos, clave para la interpretación del modelo geológico.
Práctica de identificación de sulfuros, sulfosales y sulfatos.	Estos minerales suelen estar relacionados con yacimientos metálicos. Identificarlos fortalece la capacidad del egresado para evaluar potencial económico y seleccionar métodos de explotación y procesamiento.
Práctica de identificación de óxidos, hidróxidos y haluros.	Permite al futuro profesional reconocer minerales industriales y metálicos, base para los estudios de procesamiento metalúrgico y

	su evaluación técnica y económica.
Práctica de identificación de carbonatos, nitratos y boratos.	Capacita en el reconocimiento de minerales no metálicos de interés económico, ampliando el panorama de recursos explotables y procesos de beneficio.
Práctica de identificación de fosfatos, cromatos, arseniatos y vanadatos.	Complementa la formación en el reconocimiento de minerales estratégicos y raros, clave en el desarrollo de proyectos mineros innovadores y sostenibles.

NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS

Reglamento general del laboratorio

1. Para utilizar las instalaciones y equipos del laboratorio, el usuario deberá solicitarlo al respectivo responsable.
2. Tienen prioridad las actividades de las asignaturas del plan de estudios del Programa Educativo de Ingeniero en Geociencias.
3. En ningún caso, los alumnos llevarán a cabo en este laboratorio sus actividades académicas sin la presencia de un maestro, aun cuando estas se lleven a cabo en horarios extraordinarios o días de asueto.
4. Se prohíbe el uso de instalaciones y equipo del laboratorio a quienes no estén debidamente capacitados para operarlo. En todo caso, deberán recibir la debida capacitación por parte del personal del Programa Educativo de IG.
5. Ninguna persona utilizará las instalaciones, equipos, máquinas ni materiales de este laboratorio si no son para uso o aplicación de las actividades autorizadas.
6. Los alumnos permanecerán en el laboratorio sólo el tiempo programado para la realización de sus actividades curriculares.
7. Utilizar el equipo e indumentaria de seguridad correspondiente para cada práctica, especialmente en los espacios de preparación de láminas delgadas. Para este último caso, el usuario que utilice las cortadoras de roca deberá utilizar mandil de carnaza gruesa; careta protectora de ojos, toda la cara y cuello; zapatos cerrados con suela antiderrapante y aislante de electricidad, y guantes protectores de manos.
8. Queda prohibido utilizar o almacenar líquidos inflamables dentro del laboratorio.
9. Queda estrictamente prohibido introducir alimentos y bebidas a este recinto; igualmente, queda prohibido fumar o usar cualquier tipo de drogas en el interior de este laboratorio.
10. Al término de cada actividad, el profesor responsable de dicha actividad se asegurará de que los materiales y equipos utilizados estén en buenas condiciones, sin daños, y de que el área de trabajo quede limpia y segura, asimismo el mobiliario acomodado en su lugar respectivo.
11. En caso de que se hayan dañado materiales, minerales, fósiles, láminas delgadas, máquinas, microscopios, rocas, mobiliario y/o equipo electrónico, el usuario deberá pagarlos a la brevedad.
12. Podrán permanecer dentro del laboratorio únicamente las personas autorizadas.
13. Se sancionará a la (s) persona (s) que, por sus actitudes perniciosas, pongan en riesgo o dañen la integridad física y moral de sus compañeros, o dañen instalaciones o equipos, basado en los reglamentos correspondientes internos de esta universidad y el presente reglamento.
14. Los usuarios del laboratorio están obligados a conservar orden y disciplina dentro de las instalaciones del laboratorio; así mismo a respetar y no sustraer o robar muestras, insumos o equipo de dichas instalaciones, salvo severas sanciones.

15. Cada usuario, antes de iniciar o continuar una actividad en laboratorio, deberá llenar la bitácora de uso de instalaciones, equipos, máquinas y/o consumibles del laboratorio. La bitácora deberá estar firmada por el usuario.
16. Al final de cada actividad, el usuario deberá entregar al encargado del laboratorio la bitácora que también incluirá un listado de los materiales y refacciones consumibles utilizados en actividad académica que acaba de concluir en este laboratorio.

Reglamento de uniforme

No aplica

Uso adecuado del equipo y materiales

El uso adecuado del equipo y los materiales en las prácticas de laboratorio de mineralogía es esencial para garantizar el buen desarrollo de las actividades, la conservación de las muestras y la obtención de resultados confiables. A lo largo de las once prácticas propuestas, los estudiantes deben manejar con responsabilidad instrumentos como lupas, balanzas, escalas de dureza, microscopios, modelos cristalográficos, goteros, imanes y guías de identificación, entre otros. Es importante evitar el deterioro o la pérdida de las muestras minerales, aplicando las pruebas físicas, químicas, ópticas y electromagnéticas con cuidado y conforme a las indicaciones establecidas. Asimismo, se debe mantener el orden en el espacio de trabajo, limpiar adecuadamente el material utilizado y devolverlo a su lugar correspondiente al finalizar cada sesión. Estas acciones promueven el desarrollo de habilidades técnicas y el fortalecimiento de una actitud responsable y profesional frente al trabajo experimental en el campo de las geociencias.

Manejo y disposición de residuos peligrosos

Solo algunas de las once prácticas de laboratorio generan residuos peligrosos, ya que la mayoría se enfocan en la observación, clasificación y análisis físico de minerales sin utilizar sustancias químicas.

En particular, durante la práctica de identificación de carbonatos, nitratos y boratos, el uso de ácido clorhídrico diluido se limita a unas pocas gotas aplicadas directamente sobre la muestra mineral, con el fin de observar la reacción (efervescencia). Esta cantidad no es suficiente para recolectarse de manera efectiva ni para representar un riesgo químico significativo. Por lo tanto, no es viable ni necesario instalar sistemas de recolección de residuos líquidos, ya que los residuos se evaporan o se neutralizan en el propio proceso de reacción sin dejar líquidos persistentes o contaminantes.

A pesar de que no se requiere recolección formal de residuos, sí se deben seguir algunas buenas prácticas:

- Utilizar solo la cantidad mínima de reactivo necesaria para observar la reacción.
- Realizar la prueba sobre una placa de porcelana o vidrio resistente, y limpiarla con un paño húmedo o servilleta absorbente al finalizar.
- Depositar cualquier papel o servilleta usada en el bote de basura designado para residuos no peligrosos, si no hay presencia significativa de ácido residual.
- Asegurar que el ácido esté debidamente etiquetado y almacenado bajo supervisión.

Procedimientos en caso de emergencia

1. Detener la actividad inmediatamente
 - Suspender cualquier manipulación de muestras o reactivos en cuanto se detecte una situación anormal (derrame, irritación, daño a equipo, etc.).
 - Conservar la calma y evitar acciones apresuradas.
2. Notificar al responsable del laboratorio
 - Informar de inmediato al docente o técnico encargado, indicando de forma clara lo ocurrido.
3. Identificar el tipo de incidente
 - Derrame de ácido (como HCl diluido):
 - Limpiar con paño húmedo o papel absorbente.
 - Neutralizar con una solución de bicarbonato si está disponible.
 - Desechar los materiales absorbentes en el recipiente designado (o en su defecto, en una bolsa marcada).
 - Contacto accidental con ácido (piel u ojos):
 - Enjuagar con abundante agua corriente durante al menos 10 minutos.
 - En caso de contacto ocular, usar el lavaojos (si hay).
 - Informar de inmediato para canalización médica si es necesario.
 - Inhalación de vapores:
 - Retirarse del área afectada hacia una zona ventilada.
 - Notificar al docente responsable.
 - Corte o lesión menor:
 - Lavarse con agua y jabón.
 - Aplicar antiséptico del botiquín si es necesario.
 - Reportar el incidente.
4. Evaluación de la situación
 - El responsable del laboratorio determinará si se puede continuar con la práctica o si es necesario evacuar el área temporalmente.
5. Registro del incidente
 - Anotar en el formato de bitácora o reporte de incidentes: fecha, hora, persona involucrada, tipo de incidente y acciones realizadas.
 - Si se requiere atención médica, documentar también la canalización correspondiente.
6. Prevención posterior
 - Revisión del procedimiento seguido durante la práctica.
 - Recordatorio de precauciones básicas para evitar la repetición del incidente.

RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	EC 1
	Sintetizar los conocimientos elementales de mineralogía y cristalografía con el objetivo de entender el contexto inicial del estudio de minerales en función de su clasificación y formación a través del aprendizaje para formar una base sólida en relación con las ciencias básicas.

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 1	Práctica de sistemas cristalográficos	Reconocer los sistemas cristalográficos mediante la observación de modelos y ejemplares minerales, para identificar patrones de simetría y clasificación estructural, siguiendo los principios de cristalografía geométrica, en el laboratorio de mineralogía, desarrollando atención al detalle y pensamiento lógico.

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	EC 2
	Aplicar técnicas y herramientas de reconocimiento en muestra de mano para identificar los distintos grupos de minerales en el proceso de clasificación, tomando en cuenta las propiedades físicas y químicas en la ejecución de actividades de carácter geológico, minero y metalúrgicas mediante el análisis de problemas y la toma de decisiones.

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 2	Práctica de identificación de propiedades físicas	Aplicar pruebas de dureza, exfoliación, densidad y otras propiedades físicas en minerales, con el fin de clasificarlos correctamente según su comportamiento físico, siguiendo los procedimientos establecidos y usando el equipo básico de laboratorio, en prácticas guiadas, fomentando la responsabilidad y precisión técnica.
Práctica No. 3	Práctica de identificación de propiedades químicas	Ejecutar reacciones químicas controladas en minerales seleccionados, para detectar la presencia de determinados grupos químicos o minerales específicos, usando pequeñas cantidades de reactivos bajo supervisión, en condiciones seguras de laboratorio, promoviendo el pensamiento

		crítico y la ética en el manejo de sustancias.
Practica No. 4	Práctica de identificación de propiedades ópticas	Identificar y describir, las propiedades ópticas macroscópicas (color, brillo y diafanidad) de minerales en muestras de mano, aplicando criterios estandarizados y fundamentados en la literatura especializada, para diferenciar especies minerales similares y comunicar los hallazgos con precisión y rigor científico.
Practica No. 5	Práctica de identificación de propiedades electromagnéticas	Identificar en equipo la propiedad magnética e inferir la conductividad eléctrica de ciertos minerales, con base en su composición química, empleando instrumentos básicos como imanes y circuitos simples, mediante el análisis comparativo y el uso de fuentes confiables, desarrollando habilidades de observación, razonamiento inductivo y trabajo colaborativo.

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	EC 3
	Describir minerales nativos, silicatos, sulfuros, sulfosales y sulfatos, considerando sus propiedades físicoquímicas con el fin de aplicar técnicas y herramientas necesarias para su reconocimiento a nivel muestra de mano en campo, ejerciendo la toma de decisiones en actividades de operación, procesos de laboratorio y evaluación de proyectos.

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Practica No. 6	Práctica de identificación de elementos nativos	Identificar minerales que pertenecen al grupo de los elementos nativos, con el objetivo de reconocer sus características distintivas y valor económico, utilizando observación directa y pruebas diagnósticas básicas, en sesiones prácticas organizadas, promoviendo el pensamiento estratégico y la valoración de los recursos naturales.
Practica No. 7	Práctica de identificación de silicatos y subgrupos	Clasificar minerales del grupo de los silicatos mediante análisis visual y estructural, para diferenciar sus subgrupos según estructura y composición, aplicando criterios cristalográficos y morfológicos, en el contexto del estudio sistemático de

		minerales, desarrollando habilidades de organización y análisis comparativo.
Practica No. 8	Práctica de identificación de sulfuros, sulfosales y sulfatos	Distinguir minerales pertenecientes a los grupos sulfuros, sulfosales y sulfatos, con el fin de relacionarlos con ambientes geológicos específicos y aplicaciones económicas, mediante el uso de pruebas químicas y observación diagnóstica, en el entorno controlado del laboratorio, fomentando la responsabilidad ambiental y la toma de decisiones informada.

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	EC 4
	Identificar minerales correspondientes a los grupos: óxidos, hidróxidos, haluros, carbonatos, nitratos, boratos, cromatos, fosfatos, arseniatos y vanadatos; considerando sus propiedades físico-químicas y aplicando técnicas y herramientas necesarias para su reconocimiento a nivel muestra de mano en campo, ejerciendo la toma de decisiones en actividades de operación, procesos de laboratorio y evaluación de proyectos.

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Practica No. 9	Práctica de identificación de óxidos, hidróxidos y haluros	Reconocer minerales de los grupos óxidos, hidróxidos y haluros, para describir sus propiedades relevantes y aplicaciones industriales o metalúrgicas, siguiendo una metodología comparativa de identificación, en sesiones prácticas supervisadas, fortaleciendo la atención sistemática y el pensamiento estructurado.
Practica No. 10	Práctica de identificación de carbonatos, nitratos y boratos	Aplicar pruebas químicas controladas sobre minerales seleccionados, para identificar carbonatos, nitratos y boratos a través de reacciones típicas, empleando procedimientos seguros y cantidades mínimas de reactivo, durante prácticas experimentales de laboratorio, promoviendo la conciencia ambiental y la disciplina en el trabajo científico.
Practica No. 11	Práctica de identificación de fosfatos, cromatos, arseniatos y vanadatos	Clasificar minerales complejos de bajo volumen de aparición, como fosfatos, cromatos, arseniatos y vanadatos, para reconocer su importancia científica y estratégica, mediante el uso de guías, muestras patrón y análisis comparativo, en

		un ambiente académico de estudio mineralógico, fortaleciendo el pensamiento crítico y la valoración del conocimiento especializado.
--	--	---



PRÁCTICAS

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica de sistemas cristalográficos
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Reconocer los sistemas cristalográficos mediante la observación de modelos y ejemplares minerales, para identificar patrones de simetría y clasificación estructural, siguiendo los principios de cristalografía geométrica, en el laboratorio de mineralogía, desarrollando atención al detalle y pensamiento lógico.

FUNDAMENTO TEÓRICO

El estudio de los sistemas cristalográficos representa un pilar fundamental en la mineralogía, ya que permite comprender la organización interna de los minerales a partir de su estructura cristalina. Todos los minerales cristalinos presentan un ordenamiento periódico y tridimensional de sus átomos, el cual se refleja en la forma externa del cristal y puede describirse mediante elementos de simetría como planos, ejes y centros.

La cristalografía geométrica permite clasificar los minerales en siete sistemas cristalinos: cúbico, tetragonal, ortorrómbico, hexagonal, trigonal, monoclinico y triclínico. Cada uno de estos sistemas se define por las longitudes relativas y los ángulos entre sus ejes cristalográficos, lo que da lugar a formas geométricas características. La comprensión de estos conceptos se ve favorecida mediante el diseño y construcción manual de maquetas tridimensionales, que permiten al estudiante representar visualmente cada sistema, identificar sus simetrías y comprender la relación entre estructura interna y forma externa del cristal.

El proceso de construcción activa el aprendizaje, ya que implica la traducción de un modelo teórico a una representación física concreta, desarrollando no solo habilidades espaciales y de análisis geométrico, sino también capacidades prácticas, de precisión y colaboración. Esta experiencia favorece el reconocimiento de formas ideales que sirven como base para la posterior identificación de minerales en ejemplares reales y para la aplicación de técnicas avanzadas como la difracción de rayos X.

Además, este enfoque práctico promueve el pensamiento lógico, la atención al detalle y el trabajo colaborativo, competencias clave para el desempeño profesional del ingeniero en geociencias en entornos académicos, de exploración y de caracterización estructural de materiales.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Materiales de construcción:

1. 50 bolas de unicel combinadas entre diámetros de 2 cm, 3 cm y 4 cm, para representar los átomos o nodos en las estructuras cristalinas. Deben ser ligeras y de superficie lisa.
2. Palillos de madera:
 - 100 palillos tipo mondadientes, para simular enlaces cortos o ejes iguales.
 - 30 palitos de brocheta de 15 a 20 cm, para representar ejes más largos o asimétricos.
3. 200 g de plastilina de colores, no tóxica, en al menos 5 colores distintos. Se utiliza para fijar uniones y diferenciar visualmente elementos estructurales.
4. 1 base rígida de aproximadamente 20 × 50 cm, utilizada como soporte para montar los modelos. Se recomienda de color claro para facilitar la observación.
5. Adhesivo:
 - 1 tubo pequeño de silicón frío (aprox. 25 ml) o
 - 2 barras de pegamento en barra, en caso de querer fijar permanentemente las estructuras.

Instrumentos de medición y corte:

6. 1 regla de 30 cm con graduación milimétrica, para mantener la proporción entre los ejes de cada sistema cristalográfico.
7. 1 transportador para verificar ángulos interaxiales en sistemas no ortogonales (triclínico, monoclinico).

8. 1 tijeras o cúter para cortar palillos o cartulina.

Material de marcado y etiquetado:

9. 2 rotuladores finos de diferente color. Se usarán para etiquetar los modelos con los nombres de los sistemas, ejes y ángulos característicos.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Organización del equipo y materiales:
 - Formar equipos de cuatro estudiantes.
 - Verificar que cuentan con todos los materiales necesarios: bolas de unicel, palillos, plastilina, regla, tijeras, base de cartón o cartulina, y marcadores.
 - Limpiar el área de trabajo y asignar tareas entre los integrantes (corte, armado, etiquetado, medición).
2. Revisión teórica previa:
 - Consultar las características geométricas de los siete sistemas cristalinos:
 - Longitud de ejes (a, b, c)
 - Ángulos (α, β, γ)
 - Simetría general
 - Utilizar esquemas proporcionados por el docente como referencia para cada modelo.
3. Distribución interna de tareas:
 - Cada integrante se encargará de al menos un sistema cristalino, aunque todos participarán en la revisión y montaje general del conjunto.
4. Medición y corte de palillos:
 - Utilizar la regla para medir los ejes que representan las dimensiones del sistema asignado.
 - Recorten palillos según la proporción de cada sistema (por ejemplo, $a = b = c$ en cúbico; $a \neq b \neq c$ en triclínico).
 - Etiquetar, si es necesario, los extremos o colores de cada eje.
5. Ensamblado de la maqueta:
 - Insertar los palillos en las bolas de unicel para construir la estructura tridimensional.
 - Utilizar plastilina en los puntos de unión para estabilizar y fijar la forma.
 - Montar la estructura sobre una base rígida para facilitar su manipulación.
6. Revisión de simetría y proporciones:
 - Verificar que la estructura cumpla con las características del sistema: igualdad o desigualdad de lados y ángulos.
 - Consultar al docente en caso de dudas con la forma final.
7. Rotulación y presentación:
 - Utilizar marcadores para etiquetar la maqueta con el nombre del sistema, los ejes (a, b, c) y cualquier otra anotación útil (ángulos α, β, γ).
 - Organizar las maquetas para exposición final o evaluación por parte del docente.

RESULTADOS ESPERADOS

Al finalizar la práctica, se evaluará la calidad técnica y conceptual de las maquetas elaboradas por el equipo. Cada criterio será calificado en una escala del 1 al 4, de acuerdo con los siguientes indicadores:

De manera general, el estudiante deberá:

1. Representar con precisión geométrica las proporciones de ejes y ángulos en cada uno de los siete sistemas cristalográficos.
2. Construir de forma completa el conjunto de maquetas correspondiente a los siete sistemas.
3. Asegurar que cada maqueta esté bien ensamblada, estable, limpia y visualmente

presentable.

4. Hacer uso adecuado de materiales, evitando desperdicio, accidentes o mal manejo de instrumentos.
5. Etiquetar correctamente cada maqueta, incluyendo nombre del sistema, ejes y ángulos representados.
6. Demostrar colaboración efectiva en equipo, con distribución de tareas y participación activa de todos los integrantes.
7. Evidenciar comprensión teórica sobre las características geométricas de cada sistema cristalográfico representado.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al concluir la construcción de los siete sistemas cristalográficos, se espera que el estudiante haya identificado correctamente las características geométricas que diferencian a cada sistema y comprendido la relación entre la estructura interna del mineral y su forma externa. La elaboración de maquetas permite traducir conceptos teóricos en representaciones físicas, desarrollando habilidades espaciales y de razonamiento estructural. Para facilitar la reflexión crítica y el análisis del aprendizaje, se proponen las siguientes preguntas:

1. ¿Qué características geométricas (ejes y ángulos) permiten diferenciar un sistema cristalino de otro?
2. ¿Qué sistema cristalográfico les pareció más fácil de construir? ¿Por qué?
3. ¿Qué dificultades enfrentaron al representar con precisión los ángulos y longitudes de los ejes?
4. ¿Cómo se relaciona la forma externa representada en la maqueta con la estructura interna del mineral?
5. ¿Por qué es importante comprender la simetría y la geometría de los cristales en el estudio de los minerales?
6. ¿Qué habilidades desarrollaron durante esta práctica además del conocimiento técnico?
7. ¿Cómo podrían aplicar lo aprendido en esta práctica en una situación profesional real (por ejemplo, en petrografía, caracterización mineralógica o análisis estructural)?
8. ¿Qué harían diferente si repitieran la construcción de los modelos? ¿Cómo mejorarían la presentación o la precisión?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La práctica permite al estudiante visualizar y comprender los principios básicos de la cristalografía geométrica mediante la construcción física de las celdas unitarias que definen los siete sistemas cristalográficos. A través de la elaboración de maquetas tridimensionales, se representan las proporciones entre los ejes y los ángulos interaxiales característicos de cada sistema, lo que facilita la identificación de simetrías y la clasificación estructural de los minerales.

Esta actividad fortalece la relación entre la teoría y la práctica, ya que traduce conceptos abstractos en representaciones físicas accesibles. Asimismo, favorece el desarrollo de habilidades como la observación precisa, el razonamiento lógico y el trabajo organizado, fundamentales para el estudio de la mineralogía y otras áreas de las ciencias de la Tierra.

Desde el punto de vista profesional, el dominio de los sistemas cristalográficos resulta esencial en campos como la petrografía, la caracterización de minerales mediante técnicas ópticas o difracción de rayos X, la evaluación estructural de yacimientos, y el diseño de materiales en contextos industriales. El conocimiento de la simetría y de la estructura cristalina permite predecir propiedades físicas y químicas que son relevantes para procesos de exploración, beneficio y transformación de recursos geológicos.

Por tanto, esta práctica contribuye al logro de competencias clave del perfil profesional del Ingeniero en Geociencias, integrando conocimientos teóricos con habilidades prácticas y promoviendo una formación integral orientada a la aplicación en el campo.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Cuadro comparativo de los sistemas cristalográficos

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	los ejes (α, β, γ) correctamente las propiedades electromagnéticas observadas en cada muestra mineral. 2. Utiliza de forma adecuada y segura los instrumentos asignados para la práctica. 3. Aplica con precisión los conceptos teóricos para interpretar el comportamiento magnético y eléctrico de los minerales. 4. Organiza y describe con claridad los resultados obtenidos durante la práctica. 5. Relaciona adecuadamente los resultados experimentales con aplicaciones en geología, minería o tecnología. 6. Participa activamente y demuestra responsabilidad en el trabajo colaborativo. 7. Entrega el reporte completo, con redacción clara, sin errores ortográficos y siguiendo el formato establecido.		
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	¿entre simetría y propiedades físicas como la extinción? estructura cristalina en la difracción de rayos X?	CUMPLE	NO CUMPLE
	Identifica correctamente las propiedades electromagnéticas observadas en cada muestra mineral.		Identificación estructural de
	men breves (1 cuartilla) que incluya los siguientes aspectos: Utiliza de forma adecuada y segura los instrumentos asignados.		
	estructura cristalina y el patrón de difracción obtenido. Aplica con precisión los conceptos teóricos de la DRX en geociencias y mineralogía.		
	para interpretar el comportamiento de minerales o materiales que pueden identificarse mediante esta técnica. del uso de la DRX frente a otras técnicas.		esta técnica.
	Organiza y describe con claridad los resultados obtenidos durante la práctica.		
	Relaciona adecuadamente los resultados experimentales con aplicaciones en geología, minería o tecnología.		a partir de una y documenta
Formatos de reporte de prácticas	Participa activamente y demuestra responsabilidad en el trabajo colaborativo.		
	Entrega el reporte completo, con redacción clara, sin errores ortográficos y siguiendo el formato establecido.		
Formato sugerido para el Reporte de Práctica 1. Portada 2. Objetivo de la práctica 3. Fundamento teórico 4. Materiales y procedimiento 5. Tabla de observaciones 6. Análisis de resultados (con preguntas guía) 7. Conclusiones y reflexiones 8. Actividades complementarias 9. Referencias (APA 7)			

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica de identificación de propiedades físicas
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Aplicar pruebas de dureza, exfoliación, densidad y otras propiedades físicas en minerales, con el fin de clasificarlos correctamente según su comportamiento físico, siguiendo los procedimientos establecidos y usando el equipo básico de laboratorio, en prácticas guiadas, fomentando la responsabilidad y precisión técnica.

FUNDAMENTO TEÓRICO

La identificación de minerales se basa, en gran parte, en el reconocimiento de sus propiedades físicas, las cuales son resultado directo de su estructura cristalina y composición química. Estas propiedades son observables o medibles sin alterar químicamente el mineral, por lo que constituyen el primer nivel de análisis en el trabajo mineralógico.

Entre las propiedades físicas más comúnmente evaluadas se encuentran:

- Dureza: resistencia que presenta un mineral a ser rayado. Se mide comparativamente mediante la escala de Mohs, que va del talco (1) al diamante (10).
- Exfoliación: tendencia del mineral a romperse según planos de debilidad cristalina. Se expresa en grados de perfección (perfecta, buena, pobre).
- Fractura: forma en que se rompe un mineral cuando no lo hace según planos definidos; puede ser concoidea, irregular, astillosa, etc.
- Densidad o peso específico: relación entre la masa del mineral y su volumen. Puede estimarse de forma aproximada por su "peso relativo" en mano.
- Tenacidad: describe el comportamiento del mineral frente a esfuerzos mecánicos (frágil, maleable, dúctil, etc.).
- Color, raya y brillo: propiedades visuales que, aunque variables, pueden ser indicativas. La raya (color del polvo del mineral) suele ser más confiable que el color macroscópico. El brillo (vítreo, metálico, nacarado) aporta información sobre la interacción del mineral con la luz.

NOTA: Aunque el color se clasifica formalmente como una propiedad óptica, su observación se incluye en esta práctica debido a su utilidad como criterio inicial de identificación mineral. Es una característica visual accesible y rápida de evaluar, especialmente en campo o en ambientes sin instrumentos especializados. No obstante, el color puede ser poco confiable como propiedad diagnóstica, ya que puede variar considerablemente por la presencia de impurezas, defectos estructurales o alteraciones superficiales. Por ello, se recomienda no basar la identificación exclusivamente en esta propiedad, sino utilizarla en conjunto con otras propiedades físicas como la dureza, exfoliación o densidad.

Estas propiedades permiten clasificar los minerales en el laboratorio de manera preliminar, sin necesidad de análisis instrumentales. Su correcta identificación requiere práctica, observación cuidadosa y comparación con muestras patrón o guías especializadas.

La comprensión y evaluación de estas propiedades físicas es esencial para el profesional en geociencias, ya que facilita el reconocimiento de minerales en campo, en laboratorio y en contextos aplicados como la exploración minera, la caracterización de materiales, la geotecnia o la docencia.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Muestras minerales

- Colección básica de minerales (mínimo 10 muestras): debe incluir minerales con propiedades físicas contrastantes (ej. talco, yeso, calcita, fluorita, apatita, feldespato, cuarzo, galena, pirita, mica, halita).
- Etiquetas numéricas o códigos: para identificación temporal sin revelar el nombre del mineral durante la práctica.

Instrumentos de medición y prueba

- Escala de dureza de Mohs: juego de minerales, lápices de dureza (1 al 10) o materiales de uso

común.

- 1 placa de porcelana blanca o azulejo sin esmalte para realizar la prueba de raya.
- 1 lupa de mano o lupa de 10x para observar brillo, exfoliación, hábito y textura superficial.
- 1 imán pequeño para detectar magnetismo.
- 1 balanza analógica o digital simple para estimar la masa y calcular la densidad relativa.
- 1 recipiente con agua y probeta para aplicar el método de desplazamiento de volumen si se desea calcular densidad de forma experimental.

Instrumentos de registro

- Ficha de observación por mineral: con criterios como dureza, color, raya, brillo, exfoliación, fractura, tenacidad, magnetismo.
- Lápiz y borrador.
- Cuaderno o hoja de práctica.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Preparación del área de trabajo
 - Reunir los materiales y herramientas requeridas (colección de minerales, escala de Mohs, placa de raya, lupa, imán, etc.).
 - Asegurarse de que cada muestra mineral esté codificada o numerada para su análisis sin conocer inicialmente su nombre.
2. Observación general de la muestra
 - Observar el color externo del mineral.
 - Examinar el hábito cristalino o forma general.
 - Utilizar la lupa para identificar brillo, textura superficial y posibles planos de exfoliación.
3. Prueba de dureza
 - Comparar la resistencia del mineral al rayado con los minerales de la escala de Mohs.
 - Realizar la prueba sobre una superficie no dañada, aplicando presión controlada.
 - Registrar el número aproximado de dureza (ejemplo: entre 5 y 6).
4. Prueba de raya
 - Frotar suavemente el mineral sobre una placa de porcelana sin esmaltar.
 - Observar el color del polvo (raya) dejado por el mineral y registrarlo.
5. Evaluación de exfoliación y fractura
 - Observar si el mineral se rompe en planos definidos (exfoliación) o de forma irregular (fractura).
 - Describir el tipo de exfoliación (perfecta, buena, pobre) o tipo de fractura (concoidea, irregular, astillosa).
6. Prueba de tenacidad
 - Evaluar la resistencia del mineral al golpe o al doblado (solo si el mineral lo permite sin destruirlo).
 - Clasificar la tenacidad como frágil, maleable, dúctil o sectil, según corresponda.
7. Prueba de magnetismo
 - Acercar un imán a cada muestra y observar si hay atracción magnética.
 - Registrar si el mineral es fuertemente magnético, débilmente magnético o no magnético.
8. Estimación de densidad relativa
 - Evaluar la “sensación de peso” en mano, comparando dos minerales de tamaño similar.
 - En caso de contar con balanza y probeta, calcular la densidad usando el método de desplazamiento de volumen (según la indicación del docente).
9. Registro de datos
 - Completar la ficha de observación por cada muestra analizada.
 - Al finalizar, comparar los resultados con una tabla guía y proponer una posible identificación del mineral.
10. Limpieza y cierre
 - Limpiar el área de trabajo.

- Devolver cuidadosamente los minerales y materiales utilizados.
- Entregar la hoja de observación al docente, si así se solicita.

Precauciones:

- Manipular los minerales con cuidado para evitar dañarlos o alterar sus propiedades.
- No forzar el rayado en minerales frágiles o que puedan romperse fácilmente.
- Utilizar la placa de raya solo con minerales que no presenten exfoliación visible.
- No ingerir alimentos ni manipular el rostro durante la práctica.
- Mantener el área limpia y ordenada en todo momento.

RESULTADOS ESPERADOS

Al finalizar la práctica, se espera que el estudiante haya aplicado correctamente las pruebas físicas básicas a un conjunto de muestras minerales y que haya registrado sus observaciones de forma clara y ordenada en una ficha o tabla de resultados.

De manera general, el estudiante deberá ser capaz de:

- Describir con precisión propiedades físicas observables como color, raya, brillo y hábito cristalino.
- Determinar con aproximación la dureza de cada mineral utilizando la escala de Mohs.
- Identificar la presencia y el grado de exfoliación o fractura, y clasificar la tenacidad observada.
- Reconocer el magnetismo en minerales específicos (por ejemplo, magnetita o pirrotina).
- Estimar el peso específico relativo en comparación con otras muestras, o calcular la densidad si se aplicó el método experimental.
- Sugerir la posible identidad de cada mineral con base en las propiedades registradas, utilizando tablas comparativas o guías de identificación.
- Presentar los datos recolectados de forma ordenada en una hoja de observación y proponer una conclusión para cada muestra.

Estos resultados reflejan la correcta aplicación del conocimiento teórico y el desarrollo de habilidades prácticas necesarias para la clasificación preliminar de minerales en contextos académicos y profesionales.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez registradas las observaciones de las propiedades físicas de cada muestra, se debe comparar la información obtenida con tablas o guías de identificación mineralógica, a fin de proponer el nombre del mineral correspondiente. Es importante que el estudiante relacione las propiedades observadas con la estructura cristalina, la composición química y los posibles usos o contextos geológicos de cada mineral.

Para guiar el análisis, se proponen las siguientes preguntas para la interpretación de los datos:

1. ¿Qué propiedades físicas fueron más útiles para identificar los minerales? ¿Por qué?
2. ¿Hubo alguna propiedad que resultó difícil de observar o interpretar? Explica.
3. ¿Se presentaron errores o confusiones entre minerales con características similares? ¿Qué los causó?
4. ¿Qué relación existe entre la dureza de un mineral y su posible aplicación en la industria o la vida cotidiana?
5. ¿Cómo influye la exfoliación o la fractura en el uso de un mineral como material de construcción o en joyería?
6. ¿Por qué es importante evaluar varias propiedades y no basarse en una sola para identificar un mineral?
7. ¿Cuáles de los minerales analizados tienen mayor relevancia económica o geológica? Justifica.

8. ¿Cómo se relaciona esta práctica con el trabajo que realiza un geólogo o un ingeniero en geociencias en campo o laboratorio?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La identificación de propiedades físicas es una etapa fundamental en el estudio y clasificación de los minerales. A través de la observación y aplicación de pruebas sencillas, como la dureza, el brillo, la raya, la exfoliación, la tenacidad y el magnetismo, es posible reconocer características diagnósticas que permiten distinguir entre diferentes especies minerales sin necesidad de equipos complejos.

Durante esta práctica se confirma la teoría revisada en clase, al comprobar que muchas propiedades físicas están directamente relacionadas con la estructura cristalina interna del mineral y su composición química. Por ejemplo, la dureza se vincula con la fuerza de los enlaces atómicos, y la exfoliación refleja planos de debilidad estructural dentro del cristal. La sistematización de estas observaciones permite realizar una clasificación preliminar confiable, útil en contextos académicos, industriales o de exploración.

En el campo profesional, estas habilidades son aplicables en múltiples áreas de las geociencias, tales como la exploración minera, la geología de campo, la petrografía, la geotecnia, la docencia y la industria de materiales. La capacidad de identificar minerales con base en sus propiedades físicas es esencial para la toma de decisiones rápidas en campo, la descripción de núcleos de perforación, la selección de materiales para construcción o la estimación de recursos económicos.

Finalmente, la práctica fomenta no solo el conocimiento técnico, sino también el desarrollo de habilidades transversales como la observación detallada, la precisión en la medición, la sistematización de datos y el trabajo colaborativo, todas ellas fundamentales en el desempeño profesional del ingeniero en geociencias.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Elaboración de una tabla comparativa de propiedades

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	1. Describe con precisión las propiedades físicas observadas en cada muestra mineral.
	2. Determina correctamente la dureza de los minerales utilizando la escala de Mohs.
	3. Identifica adecuadamente la exfoliación, fractura y tenacidad de los minerales analizados.
	4. Reconoce con claridad el magnetismo en las muestras que presentan esta propiedad.
	5. Estima o calcula el peso específico relativo o la densidad de una muestra de mineral con brillo metálico, raya, exfoliación cúbica y alta densidad.
	6. Organiza y registra con claridad los resultados obtenidos en la práctica en una ficha o tabla de observación.
	7. Realiza para confirmar las propiedades observadas con la ayuda de un geólogo o ingeniero en geociencias.
	8. Participa activamente y con responsabilidad en el desarrollo de la práctica.
	9. Expone los resultados de la práctica de manera clara y ordenada.

Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño

CRITERIO	CUMPLE	NO CUMPLE
Describe con precisión las propiedades físicas observadas en cada muestra mineral.		
Determina correctamente la dureza de los minerales utilizando la escala de Mohs.		

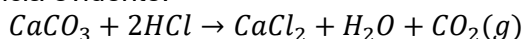
	Identifica adecuadamente la exfoliación, fractura y tenacidad de los minerales analizados.		
	Reconoce con claridad el magnetismo en las muestras que presentan esta propiedad.		
	Participa activamente y demuestra responsabilidad en el trabajo colaborativo.		
	Entrega el reporte completo, con redacción clara, sin errores ortográficos y siguiendo el formato establecido.		
Formatos de reporte de prácticas	Formato sugerido para el Reporte de Práctica 1. Portada 2. Objetivo de la práctica 3. Fundamento teórico 4. Materiales y procedimiento 5. Tabla de observaciones 6. Análisis de resultados (con preguntas guía) 7. Conclusiones y reflexiones 8. Actividades complementarias 9. Referencias (APA 7)		

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica de identificación de propiedades químicas
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Ejecutar reacciones químicas controladas en minerales seleccionados, para detectar la presencia de determinados grupos químicos o minerales específicos, usando pequeñas cantidades de reactivos bajo supervisión, en condiciones seguras de laboratorio, promoviendo el pensamiento crítico y la ética en el manejo de sustancias.

FUNDAMENTO TEÓRICO

La identificación de minerales mediante sus propiedades químicas se basa en la observación de reacciones específicas que permiten evidenciar la presencia de ciertos grupos funcionales o compuestos químicos característicos. En esta práctica, se trabajan tres aspectos fundamentales: reacción al ácido clorhídrico (HCl), solubilidad en agua y capacidad de absorción.

Una de las pruebas más comunes en mineralogía es la reacción al HCl diluido, utilizada principalmente para identificar minerales del grupo de los carbonatos, como la calcita (CaCO_3) o la dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Estos minerales reaccionan con el ácido liberando dióxido de carbono (CO_2), lo que se observa como una efervescencia evidente:



Este tipo de reacción es útil no solo para identificar minerales, sino también para inferir su comportamiento químico en ambientes naturales o industriales.

Otra propiedad química importante es la solubilidad, que se refiere a la capacidad del mineral de disolverse en agua u otros solventes. Minerales como la halita (NaCl) o el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) presentan diferentes grados de solubilidad, lo que puede utilizarse como criterio diagnóstico. Esta propiedad tiene relevancia en procesos de meteorización, formación de depósitos evaporíticos o comportamiento ambiental de los minerales.

La absorción, por su parte, se refiere a la capacidad del mineral de retener o incorporar líquidos en su estructura. Algunos minerales porosos, como ciertos tipos de arcillas o zeolitas, pueden absorber agua u otras sustancias, lo cual es importante para entender su uso potencial en aplicaciones industriales o ambientales.

Estas pruebas se realizan con muestras de mano en condiciones controladas de laboratorio, utilizando pequeñas cantidades de reactivos y bajo la supervisión del instructor. El análisis crítico de los resultados, junto con la correcta aplicación de los procedimientos, fomenta el desarrollo de habilidades prácticas y éticas relacionadas con el trabajo en laboratorio, fundamentales en la formación del profesional en geociencias.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Equipo y material de laboratorio:

- 1 vaso de precipitados de 50 mL para contener las soluciones o realizar reacciones simples.
- 4 pipetas plásticas desechables o cuentagotas (1 por reactivo) para aplicar pequeñas cantidades de ácido u otras soluciones sobre los minerales.
- 1 espátula pequeña o pinzas de disección para manipular las muestras minerales sin contacto directo.
- 1 lupa de mano (10x o superior) para observar con detalle las reacciones químicas en la superficie del mineral.
- 4 frascos cuentagotas de plástico ámbar (1 por cada solución) para contener y dosificar con seguridad los reactivos.
- 1 par de guantes de látex o nitrilo para protección básica para el manejo seguro de sustancias.
- 1 gafas de seguridad. Uso obligatorio durante toda la práctica.
- 1 cubeta de lavado o recipiente para enjuague para eliminar residuos después de las pruebas.

- Papel filtro o servilletas absorbentes (uso común) para limpiar residuos y controlar derrames.
- Etiquetas adhesivas o marcador permanente para identificar claramente los frascos con reactivos.

Reactivos (en soluciones diluidas y seguras):

- 20 mL de ácido clorhídrico (HCl) diluido al 10% para pruebas de efervescencia en carbonatos.
- 100 mL de agua destilada para pruebas de solubilidad y enjuagues entre ensayos.
- 5 mL de reactivo de cloruro de bario (BaCl_2) al 1%, para detectar sulfatos (formación de precipitado blanco).
- 5 mL de reactivo de hidróxido de sodio (NaOH) al 1% para observar posibles cambios con minerales con hierro o aluminio.

Muestras minerales (proporcionadas por el instructor):

Fragmentos pequeños y etiquetados de al menos 5 minerales distintos que respondan a las pruebas químicas sugeridas. Ejemplos:

- Calcita (reacción al HCl)
- Dolomita (reacción débil al HCl)
- Yeso (soluble parcialmente en agua)
- Halita (altamente soluble en agua)
- Baritina (puede formar precipitado con BaCl_2)

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Preparación previa del laboratorio:
 - Reunir todos los materiales, instrumentos y reactivos necesarios antes de iniciar la práctica.
 - Verificar que cada frasco de reactivo esté correctamente etiquetado y en frascos cuentagotas.
 - Asegurarse de que cada estudiante porte guantes, gafas de seguridad y bata de laboratorio antes de manipular reactivos.
2. Observación inicial de las muestras:
 - Observar a simple vista y con lupa las características físicas de cada muestra de mineral proporcionada (color, forma, textura).
 - Registrar observaciones preliminares en la tabla de resultados.
3. Prueba de reacción al ácido clorhídrico (HCl):
 - Colocar un fragmento del mineral en el vaso de precipitados.
 - Con una pipeta o cuentagotas, aplicar una o dos gotas de HCl diluido al 10% sobre la superficie del mineral.
 - Observar y registrar si hay efervescencia inmediata, retardada o ausencia de reacción.
 - Enjuagar cuidadosamente la muestra con agua destilada después de la reacción y secarla con papel absorbente.
4. Prueba de solubilidad en agua:
 - Colocar un fragmento limpio de otro mineral en un vaso limpio.
 - Agregar 10 mL de agua destilada y dejar reposar durante 2–3 minutos.
 - Observar si hay disolución parcial, total o ausencia de cambio.
 - Agitar suavemente si es necesario y comparar visualmente con el agua inicial.
 - Registrar los resultados.
5. Prueba de absorción de agua (porosidad):
 - Colocar unas gotas de agua sobre la superficie del mineral con pipeta.
 - Observar si el agua se absorbe, se dispersa o permanece sin cambio.
 - Registrar observaciones sobre el comportamiento de la superficie frente al líquido.
6. Limpieza y disposición final:
 - Verter cuidadosamente los residuos líquidos en el recipiente indicado por el docente (nunca en el lavabo).
 - Limpiar todo el material utilizado con agua y papel absorbente.
 - Desechar guantes y papel usado en el contenedor indicado.

- Lavarse las manos al finalizar la práctica.

Precauciones y advertencias:

- No inhalar directamente los vapores del ácido clorhídrico.
- No aplicar el ácido directamente sobre la piel ni sobre áreas extensas de la muestra.
- Evitar el uso excesivo de reactivos: solo aplicar gotas necesarias.
- Mantener los frascos cerrados cuando no se usen.
- Seguir siempre las indicaciones del instructor y no trabajar sin supervisión.
- En caso de contacto con la piel, enjuagar con abundante agua y notificar al responsable del laboratorio.

RESULTADOS ESPERADOS

Al concluir la práctica, el estudiante deberá haber aplicado correctamente las pruebas químicas básicas (reacción al ácido, solubilidad y absorción) sobre distintas muestras minerales, registrando de forma clara y sistemática sus observaciones.

Se espera que el estudiante:

- Identifique con precisión la presencia o ausencia de efervescencia al aplicar HCl sobre muestras de minerales carbonatados.
- Describa el comportamiento de los minerales frente al agua destilada, reconociendo niveles de solubilidad (alta, baja, nula) y cambios en el aspecto del mineral o del líquido.
- Observe y registre la capacidad de absorción de agua sobre minerales porosos, reconociendo si existe retención, dispersión o impermeabilidad.
- Interprete correctamente las reacciones observadas, relacionándolas con grupos químicos específicos o con las características del mineral.
- Documente los resultados en una tabla de observación, distinguiendo cada tipo de prueba, la muestra correspondiente y su respuesta química.
- Compare los resultados obtenidos con la información bibliográfica, para validar la posible identificación de los minerales analizados.
- Siga adecuadamente las normas de seguridad, usando el equipo de protección personal y descartando los residuos conforme a las indicaciones.
- Estos resultados evidencian el desarrollo de habilidades prácticas para la identificación mineralógica a través del análisis químico simple, además de fomentar la atención al detalle, el pensamiento crítico y la ética en el manejo de sustancias potencialmente peligrosas.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez concluida la recolección de datos, el análisis debe orientarse a comprender el significado de las reacciones observadas y su relación con la composición química de los minerales. Para facilitar esta reflexión, se sugiere responder de forma razonada a las siguientes preguntas:

1. ¿Qué tipo de reacción se presentó con el ácido clorhídrico? ¿Fue inmediata o retardada? ¿Qué indica esto sobre el grupo mineralógico al que pertenece la muestra?
2. ¿Qué diferencias se observaron entre los minerales que reaccionaron y los que no? ¿Podrías establecer una relación entre la efervescencia y la presencia de carbonatos?
3. ¿Qué minerales presentaron solubilidad en agua? ¿Cómo interpretas este comportamiento en términos de su estabilidad en ambientes húmedos?
4. ¿Alguno de los minerales absorbió agua? ¿Qué propiedades físicas o estructurales podrían explicar este fenómeno?
5. ¿Se identificaron cambios inesperados durante alguna prueba? ¿Cómo los explicarías desde un punto de vista químico?
6. ¿Qué precauciones adicionales podrían haberse tomado durante el desarrollo de la práctica?

¿Hubo situaciones que requirieron corregir el procedimiento?

7. ¿Cómo se relacionan los resultados obtenidos con las propiedades químicas revisadas en clase? ¿Existen similitudes entre los datos observados y lo reportado en la bibliografía?
8. ¿Qué importancia tienen estas pruebas en el contexto profesional del ingeniero en geociencias? ¿En qué escenarios reales podrían aplicarse estos conocimientos?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Esta práctica permite aplicar pruebas químicas básicas para la identificación mineralógica y destaca la importancia del análisis cualitativo directo en el reconocimiento de grupos minerales. La observación de la efervescencia con HCl, así como de la solubilidad y la absorción de agua, demuestra la relación existente entre las propiedades químicas y la composición interna de cada mineral.

- La reacción al ácido clorhídrico identifica con rapidez minerales carbonatados, diferenciando respuestas inmediatas, retardadas o nulas según la especie.
- Las pruebas de solubilidad y absorción evidencian la estabilidad de los minerales en medios acuosos y orientan sobre su comportamiento en procesos naturales o industriales.
- El uso de pequeñas cantidades de reactivos y la observación controlada fomenta la seguridad en el laboratorio, el manejo ético de sustancias y la minimización de residuos.

En el ámbito profesional, estas técnicas básicas resultan aplicables en exploración mineral, metalurgia, estudios ambientales y control de calidad de materiales geológicos. El ingeniero en geociencias requiere habilidades de observación crítica, pensamiento lógico y trabajo colaborativo para evaluar rápidamente muestras en campo y laboratorio.

En síntesis, la práctica consolida los principios teóricos de la química mineral y desarrolla competencias esenciales para el ejercicio profesional en geociencias.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Consulta dirigida:

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación

1. Identifica con precisión la presencia o ausencia de efervescencia al aplicar HCl sobre muestras minerales.
2. Determina correctamente el grado de solubilidad de los minerales obtenidos durante la práctica; selecciona dos muestras y redacta un informe sobre su comportamiento químico en su ambiente de formación (por ejemplo, sedimentario).
3. Observa y registra adecuadamente la capacidad de absorción de agua en minerales porosos.
4. Interpreta con fundamento teórico las reacciones químicas minerales como calcita y yeso halita o baritina. Identifica qué propiedades observadas, relaciona halita con grupos minerales específicos.
5. Documenta con claridad los resultados en una tabla o hoja de observación, diferenciando cada tipo de prueba y muestra.
6. Contrasta los resultados obtenidos con información bibliográfica para validar la identificación propuesta de los minerales.
7. Sigue correctamente las normas de seguridad durante la práctica, incluyendo el uso del equipo de protección personal.
8. Participa con responsabilidad en las actividades de laboratorio y colabora con el equipo de trabajo.
9. Entrega un reporte completo, claro, bien estructurado y libre de errores ortográficos, siguiendo el formato solicitado.

Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño

CRITERIO	CUMPLE	NO CUMPLE
Identifica con precisión la presencia o ausencia de efervescencia al aplicar HCl sobre muestras minerales.		

	Determina correctamente el grado de solubilidad de los minerales al contacto con agua destilada.		
	Observa y registra adecuadamente la capacidad de absorción de agua en minerales porosos.		
	Interpreta con fundamento teórico las reacciones químicas observadas, relacionándolas con grupos minerales específicos.		
	Documenta con claridad los resultados en una tabla u hoja de observación, diferenciando cada tipo de prueba y muestra.		
Formatos de reporte de prácticas	Formato sugerido para el Reporte de Práctica 1. Portada 2. Objetivo de la práctica 3. Fundamento teórico 4. Materiales y procedimiento 5. Tabla de observaciones 6. Análisis de resultados (con preguntas guía) 7. Conclusiones y reflexiones 8. Actividades complementarias 9. Referencias (APA 7)		

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica de identificación de propiedades ópticas
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Analizar muestras minerales en lámina delgada bajo el microscopio petrográfico, para identificar sus propiedades ópticas y distinguir entre minerales similares, siguiendo técnicas de observación polarizada, en el contexto de microscopía de polarización, desarrollando observación analítica y concentración.

FUNDAMENTO TEÓRICO

La identificación de minerales en muestras de mano es una habilidad fundamental en el estudio de la mineralogía, especialmente en contextos geológicos aplicados como la exploración minera o la caracterización de materiales. Para ello, se emplean propiedades ópticas macroscópicas, es decir, aquellas que pueden observarse sin necesidad de un microscopio. Entre estas destacan:

- Color: aunque puede ser muy variable debido a impurezas, el color es una característica diagnóstica útil cuando se combina con otras propiedades.
- Brillo: se refiere a la forma en que la luz interactúa con la superficie del mineral. Puede clasificarse como metálico, vítreo, nacarado, sedoso, entre otros.
- Diafanidad: describe la capacidad de un mineral para transmitir la luz. Se clasifica en transparente, translúcido u opaco.

La correcta descripción de estas propiedades requiere el uso de criterios estandarizados, observación atenta y comparación con guías mineralógicas confiables. Esta evaluación visual permite diferenciar minerales con características similares, especialmente en campo o laboratorio, cuando no se cuenta con equipo analítico avanzado. Asimismo, fomenta el desarrollo de habilidades de observación, descripción precisa y comunicación técnica clara.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Materiales

- Muestras de mano de minerales (de distintas especies con variedad en color, brillo y diafanidad)
- Tabla de registro de observaciones
- Guía de identificación de minerales (formato impreso o digital)
- Lápiz o bolígrafo
- Etiquetas adhesivas (opcional, para numerar o identificar muestras)

Equipamiento

- Lupa geológica de 10x aumentos (una por estudiante o por equipo)
- Luz blanca LED o linterna portátil
- Fuente de iluminación auxiliar (si se trabaja en aula con poca luz)

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

- Descripción detallada de las actividades a seguir de manera clara y ordenada
- Incluir precauciones o advertencias necesarias para garantizar la seguridad y correcta ejecución.

Reactivos

- No se requieren reactivos para esta práctica

RESULTADOS ESPERADOS

Al finalizar la práctica, se espera que el estudiante:

- Identifique correctamente las propiedades ópticas macroscópicas (color, brillo y diafanidad) en al menos 5 muestras minerales.
- Describa con precisión dichas propiedades utilizando la terminología técnica adecuada.
- Diferencie minerales similares con base en las propiedades observadas.
- Registre sistemáticamente los datos recolectados en la tabla de observación, con orden, limpieza y coherencia.
- Justifique sus inferencias sobre la posible identidad del mineral observando coherencia con fuentes bibliográficas.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Durante la práctica se recolectaron datos observacionales sobre propiedades ópticas macroscópicas de minerales (color, brillo y diafanidad) a partir del análisis directo de muestras de mano. Para interpretar adecuadamente estos datos y fortalecer la comprensión del comportamiento visual de los minerales, se presentan a continuación una serie de preguntas guía. Estas permitirán reflexionar sobre la precisión de las observaciones, la utilidad de cada propiedad y los retos enfrentados al identificar minerales en condiciones reales. Se sugiere responder de forma razonada a las siguientes preguntas:

1. ¿Qué propiedad fue más útil para diferenciar los minerales observados?
2. ¿El color fue consistente entre muestras del mismo tipo o presentó variaciones notables?
3. ¿Qué combinación de propiedades (brillo + diafanidad) permitió distinguir minerales similares?
4. ¿Coincidieron tus observaciones con la información disponible en la guía de minerales?
5. ¿Qué muestras resultaron más difíciles de identificar y por qué?
6. ¿Qué limitaciones enfrentaste al momento de evaluar el brillo o la diafanidad?
7. ¿Qué tan confiable consideras este método de identificación a simple vista?
8. ¿Qué aprendiste sobre la relación entre las propiedades ópticas y la composición del mineral?
9. ¿De qué manera contribuyó el trabajo en equipo al análisis e interpretación de las muestras?
10. ¿Qué recomendaciones propondrías para mejorar la identificación visual de minerales en futuras prácticas?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La práctica permite establecer la relación entre los fundamentos teóricos de la mineralogía y su aplicación práctica mediante la observación de las propiedades ópticas macroscópicas: color, brillo y diafanidad. Estas propiedades, correctamente identificadas y descritas, son fundamentales para la diferenciación de minerales en muestras de mano, lo cual resulta esencial en la exploración geológica, el control de calidad de materiales y la enseñanza de las ciencias de la Tierra. La aplicación de criterios estandarizados, el trabajo colaborativo y la documentación rigurosa fortalecen las competencias técnicas, analíticas y comunicativas necesarias para el ejercicio profesional en geociencias. Se concluye que la observación macroscópica es una herramienta accesible y efectiva para el diagnóstico inicial de minerales, y que su correcta ejecución contribuye a una formación integral del estudiante.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Ejercicios de identificación comparativa
Presentar fotografías o descripciones de 5 pares de minerales con propiedades ópticas similares (ej. calcita y cuarzo; galena y grafito) y responder:
 - ¿Cuál es el brillo de cada uno?
 - ¿Cómo se diferencian por su diafanidad o color?
 - ¿Qué mineral es más fácil de identificar y por qué?

2. Problemas prácticos tipo campo

Imaginar que estás en una campaña de mapeo geológico y encuentras una muestra mineral. Con base

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	1. Identifica correctamente las propiedades ópticas observables al microscopio petrográfico. 2. Utiliza adecuadamente el equipo e instrumentos asignados. 3. Aplica con precisión los conceptos teóricos para interpretar birrefringencia, pleocroísmo, colores de interferencia y relieve. 4. Organiza y describe con claridad los resultados obtenidos. 5. Colabora de manera activa y responsable en la práctica de laboratorio. 6. Entrega el reporte completo y con buena redacción, siguiendo el formato establecido
-------------------------	--

Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	CRITERIO	CUMPLE	NO CUMPLE
	Observables (color, brillo, diafanidad)		
	Describe correctamente el color de cada muestra usando términos técnicos.		
	Utiliza de forma adecuada el brillo (metálico, vítreo, etc.).		
	Determina correctamente la diafanidad (transparente, translúcido u opaco).		
	Llena la tabla de observaciones con orden, limpieza y más difícil de evaluar y por qué?		
	¿Puedes identificar minerales solo por su color?		
	¿Puedes identificar minerales compartiendo tareas y observaciones?		
	Aplicas normas de seguridad y cuidado de materiales durante la práctica.		
	Entrega el reporte completo, con estructura adecuada y sin errores graves.		

Formatos de reporte de prácticas	Formato sugerido para el Reporte de Práctica 1. Portada 2. Objetivo de la práctica 3. Fundamento teórico 4. Materiales y procedimiento 5. Tabla de observaciones 6. Análisis de resultados (con preguntas guía) 7. Conclusiones y reflexiones 8. Actividades complementarias 9. Referencias (APA 7)
----------------------------------	---

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica de identificación de propiedades electromagnéticas
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Identificar en equipo la propiedad magnética e inferir la conductividad eléctrica de ciertos minerales, con base en su composición química, empleando instrumentos básicos como imanes y circuitos simples, mediante el análisis comparativo y el uso de fuentes confiables, desarrollando habilidades de observación, razonamiento inductivo y trabajo colaborativo.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Los minerales exhiben propiedades electromagnéticas que derivan directamente de su estructura cristalina y de la configuración electrónica de los elementos que los componen.

- Magnetismo: En especies como magnetita (Fe_3O_4) o pirrotina (Fe_{1-x}S) los iones $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ poseen electrones desapareados cuya orientación se alinea de manera colectiva, produciendo ferromagnetismo o ferrimagnetismo. La magnitud de la susceptibilidad y la intensidad de la magnetización dependen de la proporción $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$, del ordenamiento cristalino y de la temperatura (p. ej., la transición de 30 K en pirrotina). Estas características controlan la respuesta que el mineral presenta frente a un imán y explican su detectabilidad en prospección magnética.
- Conductividad eléctrica: En sulfuros metálicos (galena, pirita, calcopirita) existe superposición de orbitales metálicos y enlaces de carácter parcialmente metálico; esto genera bandas de conducción con electrones móviles que facilitan el paso de corriente. La resistividad puede variar varios órdenes de magnitud (de 10^0 a 10^5 S m^{-1}) según la pureza, la textura y la temperatura, pero siempre es marcadamente menor que la de silicatos o cuarzo (aislantes).
- Relación composición–propiedad: El tipo de catión (Fe, Cu, Pb), su estado de oxidación y la geometría de coordinación determinan si un mineral es magnético, conductor o ambas cosas. Estas propiedades, observadas con imanes y circuitos simples en el laboratorio, son las mismas que se aprovechan a escala de yacimiento en métodos geofísicos como magnetometría o resistividad/ IP.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Materiales e instrumentos:

1. Muestras minerales (fragmentos de 3–5 cm): se sugiere al menos un mineral metálico, uno magnético y uno aislante.
 - Magnetita
 - Pirrotina
 - Pirita
 - Galena
 - Calcopirita
 - Cuarzo
 - Hematita
 - Feldespato
2. 1 imán permanente
 - Tipo neodimio o cerámico
 - Potente pero seguro para manipulación
3. 2 cables conductores con pinzas tipo cocodrilo
4. 20–30 cm de alambre de cobre
5. 1 batería de 9V o 1 pila AA con portapilas
6. 1 LED o bombilla de baja potencia
7. 1 porta-muestras o bandeja no metálica

8. 1 multímetro digital (opcional)
9. 1 tabla de observación
10. 1 bolígrafo o lápiz
11. 1 par de guantes de látex o nitrilo
12. 1 guía de identificación mineralógica

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Organizar el equipo de trabajo y verificar que se cuenta con: muestras minerales, imán, batería, cables, LED, tabla de observación y guía de minerales.
2. Observar cada muestra y anotar características visuales (color, brillo, aspecto) en la tabla.
3. Acercar el imán a cada muestra sin contacto directo y clasificar la respuesta magnética como Fuerte, Débil o Nula; registrar el resultado.
4. Armar un circuito simple conectando batería-cables-LED; interponer la muestra entre las pinzas para comprobar conductividad; anotar Conductora, Parcialmente conductora o No conductora.
5. Consultar la guía mineralógica para identificar la composición química y relacionar la presencia de Fe, Cu, Pb, etc., con la respuesta magnética o conductora; justificar conclusiones en la tabla.
6. Limpiar el área de trabajo y devolver instrumentos y muestras al docente; desechar residuos no reutilizables; lavar las manos al finalizar.

Precauciones y advertencias

1. Mantener los imanes alejados de teléfonos, tarjetas o dispositivos electrónicos.
2. Evitar mantener la batería conectada más de 10 s con muestras no conductoras para prevenir sobrecalentamiento.
3. No tocar el LED directamente mientras el circuito esté energizado.
4. No fragmentar ni rayar las muestras, especialmente sulfurosas (p. ej., galena), para evitar liberación de polvo tóxico.
5. Usar guantes si se manipulan minerales metálicos; lavar las manos al terminar la práctica.

RESULTADOS ESPERADOS

Al finalizar la práctica, se espera que el estudiante:

1. Identifique correctamente la respuesta magnética de al menos cinco minerales, clasificándola como fuerte, débil o nula, con base en observación directa mediante el uso de un imán.
2. Aplique un circuito eléctrico simple para inferir la conductividad eléctrica de los minerales, determinando si son conductores, parcialmente conductores o no conductores.
3. Relacione las propiedades magnéticas y eléctricas observadas con la composición química de cada mineral, utilizando información proveniente de fuentes confiables.
4. Registre con orden, limpieza y coherencia los datos recolectados en la tabla de observación (nombre del mineral, respuesta magnética, respuesta eléctrica e inferencia química).
5. Analice las diferencias entre minerales metálicos y no metálicos con base en los resultados obtenidos y en sus características observables.
6. Participe activamente en las actividades del equipo, comunicando observaciones y respetando las normas de seguridad en laboratorio.
7. Utilice adecuadamente los instrumentos básicos (imán, cables, LED, batería), mostrando responsabilidad en el manejo del equipo y de las muestras minerales.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez registradas las observaciones sobre las propiedades magnéticas y de conductividad eléctrica de cada muestra, se debe comparar la información obtenida con fuentes confiables (como guías

mineralógicas o el material proporcionado en clase), con el fin de inferir la composición química de los minerales analizados y justificar su comportamiento electromagnético. Es importante que el estudiante relacione las propiedades observadas con la presencia de elementos metálicos, el brillo o aspecto del mineral, y su posible aplicación en contextos geológicos o en métodos de exploración geofísica.

Para guiar el análisis, se proponen las siguientes preguntas para la interpretación de los datos:

1. ¿Qué minerales mostraron respuesta magnética fuerte o débil? ¿Cómo se explica esto a partir de su composición?
2. ¿Qué muestras permitieron el paso de corriente eléctrica? ¿Qué características físicas facilitaron esta propiedad?
3. ¿Se observó alguna relación entre el brillo metálico y la conductividad eléctrica?
4. ¿Hubo minerales que no respondieron ni magnética ni eléctricamente? ¿Qué los diferencia de los demás?
5. ¿Se presentaron errores o dudas al momento de clasificar el comportamiento de alguna muestra? ¿Qué los causó?
6. ¿Qué limitaciones tuvo el método experimental empleado (imán y circuito simple)?
7. ¿Cómo se relaciona la composición química de un mineral con su respuesta física ante estímulos magnéticos o eléctricos?
8. ¿Qué importancia tienen estas propiedades en el ámbito de la geología aplicada o la exploración de yacimientos?
9. ¿Qué aprendiste sobre el uso de métodos indirectos para identificar minerales en laboratorio?
10. ¿Qué recomendaciones propondrías para mejorar esta práctica en futuras sesiones?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La práctica permite identificar las propiedades electromagnéticas de distintos minerales mediante la observación de su comportamiento frente a campos magnéticos y eléctricos, utilizando instrumentos básicos como imanes, brújulas y electroscopios. Esta actividad práctica facilita la asociación entre las respuestas físicas observadas y la composición química, así como la estructura cristalina de los minerales evaluados.

Se observa que ciertos minerales presentan propiedades magnéticas notables, como la magnetita, mientras que otros, como la galena o la pirita, muestran conductividad eléctrica. Estas propiedades, aunque no siempre perceptibles a simple vista, se vuelven evidentes al aplicar estímulos adecuados, lo que permite una identificación más precisa y complementaria a otras técnicas mineralógicas.

La relación con la teoría se establece al comprender cómo la disposición electrónica de los elementos, la presencia de metales de transición y el tipo de enlace químico influyen directamente en la expresión de estas propiedades. Además, se vincula con los conceptos de simetría estructural y cargas libres o ligadas presentes en la red cristalina.

En el campo profesional, el conocimiento de estas propiedades tiene aplicaciones en exploración geofísica, particularmente en métodos como la magnetometría, la polarización inducida y la resistividad eléctrica, que permiten detectar concentraciones minerales a partir de sus respuestas físicas. También es relevante en procesos industriales, como la separación magnética, y en la fabricación de dispositivos electrónicos que emplean minerales con propiedades piezoeléctricas o semiconductoras. En síntesis, esta práctica promueve el desarrollo de habilidades de observación crítica, análisis comparativo y aplicación del conocimiento teórico en contextos prácticos, esenciales para la formación de profesionales en ciencias de la Tierra y áreas afines.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Análisis de casos geofísicos aplicados

Investigar un caso real de exploración minera donde se hayan utilizado métodos geofísicos (magnetometría o resistividad eléctrica) para la localización de un yacimiento. Redactar un resumen de media cuartilla que describa el mineral buscado, la técnica empleada y cómo las propiedades electromagnéticas de los minerales contribuyeron a su detección.

2. Clasificación de minerales según su respuesta electromagnética Completar una tabla comparativa con al menos 10 minerales donde se clasifiquen según su comportamiento: magnético, paramagnético, diamagnético, conductor o no conductor. Incluir su			
EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE			
Criterios de evaluación	1. Identifica correctamente las propiedades electromagnéticas observadas en cada muestra mineral. 2. Utiliza de forma adecuada y segura los instrumentos asignados. 3. Aplica con precisión los conceptos teóricos para interpretar el comportamiento magnético y eléctrico de los minerales. 4. Organiza y describe con claridad los resultados obtenidos durante la práctica. 5. Relaciona adecuadamente los resultados experimentales con aplicaciones en geología, minería o tecnología. 6. Participa activamente y demuestra responsabilidad en el trabajo en un dispositivo tecnológico (reloj, sensor, panel solar, etc.). Realizar una 7. Entrega el reporte completo, con redacción clara, sin errores ortográficos y siguiendo el formato establecido.		
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	CRITERIO	CUMPLE	NO CUMPLE
	Identifica correctamente las propiedades electromagnéticas observadas en cada muestra mineral.		
	Utiliza de forma adecuada y segura los instrumentos asignados.		
	Aplica con precisión los conceptos teóricos para interpretar el comportamiento magnético y eléctrico de los minerales.		
	Organiza y describe con claridad los resultados obtenidos durante la práctica.		
	Relaciona adecuadamente los resultados experimentales con aplicaciones en geología, minería o tecnología.		
	Participa activamente y demuestra responsabilidad en el trabajo colaborativo.		
	Entrega el reporte completo, con redacción clara, sin errores ortográficos y siguiendo el formato establecido.		
Formatos de reporte de prácticas	Formato sugerido para el Reporte de Práctica 1. Portada 2. Objetivo de la práctica 3. Fundamento teórico 4. Materiales y procedimiento 5. Tabla de observaciones 6. Análisis de resultados (con preguntas guía) 7. Conclusiones y reflexiones 8. Actividades complementarias 9. Referencias (APA 7)		

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica de identificación de elementos nativos
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Identificar minerales que pertenecen al grupo de los elementos nativos, con el objetivo de reconocer sus características distintivas y valor económico, utilizando observación directa y pruebas diagnósticas básicas, en sesiones prácticas organizadas, promoviendo el pensamiento estratégico y la valoración de los recursos naturales.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Los elementos nativos son aquellos minerales compuestos por un solo elemento químico. Se clasifican en metales, semimetales y no metales, dependiendo de sus propiedades físicas y químicas. Entre ellos destacan por su valor económico el oro (Au), la plata (Ag), el cobre (Cu), el platino (Pt) y el diamante (C). Su importancia geológica y comercial radica en su pureza, facilidad de extracción y aplicación directa en tecnología, joyería e industria.

- Metales nativos como el oro, la plata y el cobre se reconocen por su brillo metálico, maleabilidad, alta densidad y color característico.
- Semimetales como el arsénico y el antimonio presentan aspecto quebradizo y brillo submetálico.
- No metales como el azufre o el diamante pueden mostrar formas cristalinas definidas, colores vivos y durezas variadas.

El estudio de estos minerales permite familiarizarse con propiedades físicas como color, dureza, brillo, densidad, maleabilidad y hábito cristalino. Además, permite reflexionar sobre su escasez relativa y el impacto ambiental de su extracción.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Materiales:

1. Muestras minerales del grupo de los elementos nativos:
 - Oro nativo (lámina o agregado)
 - Plata nativa
 - Cobre nativo
 - Azufre
 - Grafito
 - Carbón
 - Platino (opcional)
2. Placa de porcelana para prueba de raya
3. Lámina de vidrio o vidrio de reloj (para comparación de dureza)
4. Lima metálica o navaja (para prueba de maleabilidad)
5. Clavo de acero o aguja metálica (prueba de dureza)
6. Hoja de papel blanco y papel negro (para observación de color y brillo)
7. Tabla de observación de propiedades físicas
8. Guía de identificación mineralógica (impresa o digital)
9. Lápiz, goma y bolígrafo

Instrumentos:

1. Lupa de mano (10x o superior)
2. Balanza digital o balanza de precisión (para estimación de densidad por masa/volumen)
3. Juego de escalas de dureza de Mohs (opcional, si se cuenta con kit)
4. Luz LED o lámpara blanca (para observación de brillo y transparencia)
5. Microscopio estereoscópico (opcional, si está disponible en el laboratorio)

Reactivos:

1. Ácido clorhídrico diluido (HCl al 10–15%)

- En frasco gotero, para prueba de efervescencia (con precaución)
- Útil para descartar la presencia de carbonatos u otros minerales confundibles

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Organizar el equipo de trabajo y verificar que se cuenta con todas las muestras y materiales necesarios: lupa, placa de porcelana, ácido diluido, tabla de observación, guía mineralógica, entre otros.
2. Observar cada muestra a simple vista y con lupa. Registrar el color, forma, tamaño y tipo de brillo sobre fondo blanco y negro.
3. Evaluar la dureza aproximada de las muestras:
 - Realizar pruebas de rayado con clavo o vidrio.
 - Comparar con escala de Mohs si está disponible.
4. Determinar la maleabilidad o fragilidad:
 - Limar suavemente una esquina de la muestra metálica.
 - Ver si se deforma (maleable) o se rompe (frágil).
5. Aplicar la prueba de raya sobre placa de porcelana y anotar el color del trazo.
6. Medir masa y volumen aproximado (si se desea calcular densidad):
 - Pesar la muestra en la balanza.
 - Medir sus dimensiones con regla o calibrador.
7. Aplicar una gota de ácido clorhídrico (HCl al 10–15%) sobre una esquina de cada muestra:
 - Observar si hay efervescencia.
 - Registrar la reacción y usarla como criterio diagnóstico para descartar carbonatos.
8. Clasificar cada muestra como metal, semimetal o no metal, justificando la decisión con base en las propiedades observadas.
9. Consultar la guía mineralógica para confirmar la identificación y registrar usos económicos conocidos del mineral.
10. Limpiar el área de trabajo:
 - Desechar residuos absorbentes usados con HCl en el recipiente designado.
 - Lavar manos y desinfectar mesa si hubo contacto con reactivos.

RESULTADOS ESPERADOS

Al finalizar la práctica, se espera que el estudiante:

1. Identifique correctamente al menos cinco minerales pertenecientes al grupo de los elementos nativos, diferenciándolos de otros grupos mediante observación directa y pruebas diagnósticas.
2. Clasifique las muestras observadas como metales, semimetales o no metales, con base en características físicas como color, brillo, dureza, maleabilidad y raya.
3. Utilice adecuadamente instrumentos básicos como lupa, placa de porcelana, navaja, clavo y gotero de ácido, aplicando cada prueba con seguridad y precisión.
4. Registre sus observaciones de forma clara, ordenada y coherente en la tabla correspondiente, incluyendo resultados de pruebas físicas, reactividad con HCl y clasificación final.
5. Relacione las propiedades físicas observadas con la composición química y el comportamiento típico de los elementos nativos.
6. Identifique posibles aplicaciones económicas o tecnológicas de los minerales analizados,

reconociendo su importancia en contextos industriales, científicos o ambientales.

7. Participe de manera activa y colaborativa en las actividades del equipo, comunicando sus observaciones, respetando normas de seguridad y contribuyendo al logro de los objetivos comunes.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez registradas las observaciones sobre las propiedades físicas de cada muestra (color, brillo, dureza, raya, maleabilidad, densidad aparente y reacción al HCl), se debe comparar la información obtenida con fuentes confiables (como guías mineralógicas o el material proporcionado en clase) para confirmar la clasificación de los minerales como elementos nativos y justificar su comportamiento físico.

Para guiar el análisis, se proponen las siguientes preguntas para la interpretación de los datos:

1. ¿Qué características físicas fueron más útiles para identificar los minerales como elementos nativos? ¿Por qué?
2. ¿Cuáles muestras mostraron propiedades metálicas claras (como brillo y maleabilidad)? ¿Cómo se relaciona esto con su clasificación química?
3. ¿Qué diferencias observaste entre los metales nativos y los no metales en cuanto a dureza y reacción al ácido?
4. ¿Hubo alguna muestra cuya clasificación te haya generado dudas? ¿Qué propiedades fueron ambiguas?
5. ¿Qué papel jugó la prueba de raya en la diferenciación de minerales similares en color o brillo?
6. ¿Se detectó alguna efervescencia con el ácido clorhídrico? ¿Qué indica esto sobre la composición de la muestra?
7. ¿Qué relación hay entre la densidad observada o estimada y el tipo de elemento (metal vs. no metal)?
8. ¿Cómo se relacionan las propiedades observadas con las aplicaciones industriales o tecnológicas de estos minerales?
9. ¿Qué aprendiste sobre la utilidad de las pruebas físicas simples en el proceso de identificación mineralógica?
10. ¿Qué recomendaciones harías para mejorar la precisión o seguridad de esta práctica en futuras sesiones?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La práctica permite identificar los minerales que pertenecen al grupo de los elementos nativos mediante la observación directa y la aplicación de pruebas físicas simples, como la raya, la dureza, la maleabilidad, el brillo y la densidad relativa. Estas propiedades facilitan su clasificación en metales, semimetales o no metales, según su comportamiento físico y su composición química.

También contribuye a reconocer que los metales nativos, como el oro, la plata y el cobre, presentan propiedades distintivas como alto peso específico, maleabilidad y brillo metálico; mientras que otros elementos, como el azufre o el grafito, poseen características no metálicas que permiten diferenciarlos con claridad.

El uso de ácido clorhídrico como prueba adicional sirve para descartar la presencia de carbonatos u otros minerales confundibles, reforzando así la interpretación correcta.

Además, la práctica favorece el desarrollo de habilidades de observación, análisis comparativo, razonamiento inductivo y uso seguro del equipo de laboratorio. Asimismo, vincula los conocimientos teóricos con su aplicación práctica, y fomenta una reflexión sobre el valor económico, tecnológico y ambiental de estos recursos minerales.

Finalmente, se promueve el trabajo colaborativo, el respeto por las normas de seguridad y la toma de conciencia sobre el uso estratégico y sustentable de los elementos nativos en la naturaleza.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Mapa de distribución geológica de elementos nativos en México

Elaborar un mapa donde se localicen cinco yacimientos importantes de elementos nativos en el país

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación

1. Identifica correctamente los minerales del grupo de los elementos nativos mediante la observación y la aplicación de pruebas físicas.
2. Clasifica adecuadamente los minerales como metales, semimetales o no metales, con base en evidencias obtenidas.
3. Utiliza con seguridad y precisión los instrumentos asignados (lupa, placa de raya, clavo, ácido HCl, etc.).
4. Registra con orden, claridad y limpieza los datos obtenidos en la observación.
5. Relaciona las propiedades físicas observadas con la composición química y el valor económico de los minerales.
6. Participa activamente en el trabajo en equipo, respetando las normas de seguridad y colaborando con responsabilidad.
7. Entrega un reporte completo, con redacción clara, sin errores ortográficos y siguiendo el formato establecido.

Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño

CRITERIO	CUMPLE	NO CUMPLE
Identifica correctamente los elementos nativos observados en la práctica.		
Clasifica los minerales según tipo (metal, semimetal, no metal) y propiedades.		
Utiliza de forma adecuada y segura los materiales e instrumentos.		
Registra observaciones de manera ordenada y comprensible.		
Relaciona propiedades con composición y aplicaciones. Incluir al menos un ejemplo.		
Participa de forma activa y responsable en el trabajo en equipo.		
Entrega el reporte con redacción clara, estructura completa y sin errores ortográficos.		

Formatos de reporte de prácticas

- Formato sugerido para el Reporte de Práctica
1. Portada
 2. Objetivo de la práctica
 3. Fundamento teórico
 4. Materiales y procedimiento
 5. Tabla de observaciones
 6. Análisis de resultados (con preguntas guía)
 7. Conclusiones y reflexiones
 8. Actividades complementarias
 9. Referencias (APA 7)

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica de identificación de silicatos y subgrupos
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Clasificar minerales del grupo de los silicatos mediante análisis visual y estructural, para diferenciar sus subgrupos según estructura y composición, aplicando criterios cristalográficos y morfológicos, en el contexto del estudio sistemático de minerales, desarrollando habilidades de organización y análisis comparativo.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Los silicatos constituyen el grupo más abundante de minerales en la corteza terrestre, y se caracterizan por estar formados principalmente por tetraedros de silicio y oxígeno (SiO_4)⁴⁻, que pueden encontrarse aislados o enlazados entre sí de diversas formas. Esta unidad estructural básica es responsable de la diversidad de estructuras cristalinas y propiedades físicas que presentan los silicatos.

La forma en que los tetraedros se agrupan determina la clasificación estructural en subgrupos, cada uno con características específicas de simetría, hábito cristalino y composición química. Los principales subgrupos de silicatos son:

- Nesosilicatos (silicatos de tetraedros aislados): los tetraedros no comparten oxígenos entre sí, por ejemplo: olivino, granate.
- Sorosilicatos (silicatos de pares de tetraedros): dos tetraedros comparten un solo oxígeno, por ejemplo: epidota.
- Ciclosilicatos (silicatos en anillos): los tetraedros se unen formando anillos, por ejemplo: berilo, turmalina.
- Inosilicatos (silicatos en cadenas): forman cadenas simples o dobles de tetraedros, por ejemplo: piroxenos, anfíboles.
- Filosilicatos o silicatos en láminas: los tetraedros se enlazan formando láminas o capas, por ejemplo: micas, talco, clorita.
- Tectosilicatos (silicatos en redes tridimensionales): todos los tetraedros comparten oxígenos formando estructuras espaciales completas, por ejemplo: cuarzo, feldespatos, zeolitas.

Cada subgrupo presenta propiedades físicas distintivas, como el tipo de exfoliación, brillo, dureza y hábito cristalino, que pueden ser reconocidas en laboratorio mediante observación directa y el uso de guías mineralógicas.

El estudio sistemático de los silicatos permite comprender los procesos de formación de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, así como interpretar ambientes geológicos y evaluar recursos minerales. Además, esta clasificación es esencial para el desarrollo de habilidades en mineralogía descriptiva y cristalografía aplicada.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Materiales:

1. Muestras minerales representativas de los principales subgrupos de silicatos:
 - Nesosilicatos: olivino, granate
 - Sorosilicatos: epidota
 - Ciclosilicatos: berilo, turmalina
 - Inosilicatos (cadena simple): augita
 - Inosilicatos (cadena doble): hornblenda
 - Filosilicatos: moscovita, biotita, talco, clorita
 - Tectosilicatos: cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, zeolita
2. Placa de porcelana para prueba de raya
3. Lámina de vidrio o vidrio de reloj (para comparación de dureza)
4. Lima metálica o navaja (para prueba de maleabilidad)
5. Clavo de acero o aguja metálica (prueba de dureza)

6. Hoja de papel blanco y papel negro (para observación de color y brillo)
7. Tabla de observación de propiedades físicas
8. Guía de identificación mineralógica (impresa o digital)
9. Lápiz, goma y bolígrafo

Instrumentos:

1. Lupa de mano (10x o superior)
2. Balanza digital o balanza de precisión (para estimación de densidad por masa/volumen)
3. Juego de escalas de dureza de Mohs (opcional, si se cuenta con kit)
4. Luz LED o lámpara blanca (para observación de brillo y transparencia)
5. Microscopio estereoscópico (opcional, si está disponible en el laboratorio)

Reactivos:

1. Ácido clorhídrico diluido (HCl al 10–15%)
 - En frasco gotero, para prueba de efervescencia (con precaución)
 - Útil para descartar la presencia de carbonatos u otros minerales confundibles

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Organizar el equipo de trabajo y verificar que se cuenta con las muestras de silicatos representativos, así como con los materiales e instrumentos necesarios.
2. Observar cada muestra a simple vista y con lupa. Registrar en la tabla de observación el color, brillo, hábito cristalino y aspecto general (forma, transparencia, agregados).
3. Evaluar la dureza aproximada de las muestras:
 - Realizar pruebas de rayado con clavo o vidrio.
 - Comparar con escala de Mohs si está disponible.
4. Realizar la prueba de raya sobre placa de porcelana y anotar el color del trazo (si se produce). Esta prueba es más efectiva en minerales opacos o con brillo terroso.
5. Observar el tipo de exfoliación o fractura en cada muestra:
 - Usar la lupa o una lima metálica para identificar planos de exfoliación visibles.
 - Anotar si el mineral presenta exfoliación perfecta, buena, pobre o fractura irregular/concoidea
6. Estimar la densidad relativa de cada muestra:
 - Evaluar su peso aparente en mano en relación con su tamaño (pesado/ligero).
 - Comparar entre minerales para reconocer variaciones entre subgrupos.
7. Aplicar una gota de ácido clorhídrico diluido (HCl 10–15%) sobre una esquina de algunas muestras seleccionadas, para descartar la presencia de minerales carbonatados.
 - Registrar si hay efervescencia o reacción. Los silicatos no reaccionan con HCl.
8. Clasificar cada muestra dentro de su subgrupo correspondiente de silicatos:
 - Basarse en la estructura: tetraedros aislados, en pares, anillos, cadenas, láminas o redes tridimensionales.
 - Justificar la clasificación con base en las propiedades observadas.
9. Registrar los resultados en la tabla de observación, organizando los datos según propiedades físicas y subgrupo asignado.
10. Limpiar el área de trabajo, devolver el material utilizado y lavar las manos al finalizar la sesión.

RESULTADOS ESPERADOS

Al finalizar la práctica, se espera que el estudiante:

1. Reconozca minerales pertenecientes al grupo de los silicatos mediante la observación de sus propiedades físicas y el análisis de su estructura.
2. Clasifique correctamente cada muestra dentro de su subgrupo estructural (nesosilicatos, sorosilicatos, ciclosilicatos, inosilicatos, filosilicatos o tectosilicatos), aplicando criterios

cristalográficos y composicionales.

3. Aplique pruebas físicas básicas —como color, brillo, raya, dureza, exfoliación y densidad relativa— para sustentar su clasificación.
4. Interprete la relación entre la estructura cristalina y las propiedades físicas observadas en los distintos subgrupos de silicatos.
5. Utilice de manera adecuada los instrumentos e insumos asignados (lupa, placa de raya, clavo, ácido HCl, etc.), con responsabilidad y respeto a las normas de seguridad.
6. Organice sus resultados en una tabla de observación clara y sistemática, permitiendo el análisis comparativo entre minerales.
7. Participe activamente en el trabajo en equipo, comunicando sus observaciones, reflexionando sobre los hallazgos y respetando los acuerdos colaborativos.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez registradas las observaciones sobre las propiedades físicas de cada muestra, el estudiante deberá analizar y comparar la información obtenida con fuentes confiables (como guías mineralógicas o el material teórico proporcionado), con el fin de sustentar la clasificación estructural de los silicatos observados y reflexionar sobre las relaciones entre composición, estructura y propiedades físicas.

A continuación, se proponen preguntas guía para apoyar la interpretación de los datos:

1. ¿Qué propiedades físicas fueron más útiles para diferenciar los subgrupos de silicatos? ¿Por qué?
2. ¿Cómo se relaciona el tipo de exfoliación observado con la estructura cristalina del mineral?
3. ¿Se encontraron similitudes entre minerales que pertenecen al mismo subgrupo? ¿Qué patrones comunes se identificaron?
4. ¿Qué dificultades se presentaron al intentar clasificar alguno de los minerales? ¿Qué información ayudó a resolverlas?
5. ¿Qué muestra presentó mayor dureza? ¿Corresponde ese valor a lo esperado según su subgrupo?
6. ¿Alguno de los minerales reaccionó al ácido clorhídrico? ¿Qué indica esta reacción sobre su composición?
7. ¿Qué relación se puede establecer entre el hábito cristalino observado y la estructura interna del silicato?
8. ¿Qué importancia tiene la correcta clasificación de los silicatos en estudios geológicos o en la industria?
9. ¿Qué aprendió el estudiante sobre el valor de las pruebas físicas en la identificación mineralógica?
10. ¿Qué recomendaciones propondría para mejorar esta práctica en futuras sesiones?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La práctica permite al estudiante identificar minerales del grupo de los silicatos mediante la observación de sus propiedades físicas y el análisis de su estructura cristalina. Al aplicar pruebas como la dureza, el brillo, la exfoliación, la raya y la estimación de densidad, el estudiante reconoce patrones que permiten clasificar los minerales en subgrupos estructurales, como nesosilicatos, sorosilicatos, ciclosilicatos, inosilicatos, filosilicatos y tectosilicatos.

Estas observaciones fomentan la comprensión de la relación entre la disposición tridimensional de los tetraedros de silicio y oxígeno (SiO_4)⁴⁻ y las características externas del mineral. Así, propiedades como la exfoliación perfecta en filosilicatos o la dureza elevada en tectosilicatos se explican a partir de su estructura interna.

La práctica también contribuye al desarrollo de habilidades de análisis comparativo, organización de datos y pensamiento sistemático, esenciales para la mineralogía descriptiva. Además, promueve una actitud responsable en el uso del material de laboratorio y en el trabajo colaborativo, integrando teoría y observación como herramientas para la clasificación mineralógica.

Finalmente, el conocimiento adquirido resulta fundamental para interpretar procesos geológicos, reconocer ambientes de formación de rocas y valorar la utilidad económica o tecnológica de ciertos silicatos, como el cuarzo, los feldespatos o las micas.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS			
1. Mapa geológico con silicatos principales			
EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE			
Criterios de evaluación	atos más comunes en ellas. Incluir al menos un ejemplo de silicato por 1. Identifica correctamente minerales del grupo de los silicatos mediante observación directa y pruebas físicas. 2. Clasifica cada muestra en su subgrupo estructural correspondiente (mesosilicatos, sorosilicatos, etc.) con fundamentos claros. 3. Aplica de manera adecuada las pruebas de dureza, raya, general o ejemplo de rayado y estimación de densidad. 4. Registra de forma ordenada, clara y coherente los datos físicos contenidos en la tabla de observación. 5. Relaciona las propiedades observadas con la estructura cristalina del silicato y justifica su clasificación. 6. Utiliza los materiales e instrumentos de laboratorio con responsabilidad y respeta las normas de seguridad. 7. Participa activamente en el trabajo en equipo, aportando ideas y respetando el turno y las funciones. 8. Entrega un reporte completo, con redacción clara, sin errores ortográficos y en el formato solicitado.		
	las (flashcards) y en el formato solicitado.		
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Identifica correctamente minerales silicatados observados en la práctica.	CUMPLE	NO CUMPLE
	Clasifica correctamente los silicatos en sus subgrupos estructurales de uso fundamental.	CUMPLE	NO CUMPLE
	Aplica y describe brevemente las pruebas físicas indicadas.	CUMPLE	NO CUMPLE
	Registra los datos de forma clara y ordenada.	CUMPLE	NO CUMPLE
	Relaciona propiedades con estructura cristalina y subgrupos.	CUMPLE	NO CUMPLE
	Utiliza los materiales e instrumentos de laboratorio con responsabilidad y respeta las normas de seguridad.	CUMPLE	NO CUMPLE
	Participa activamente en el trabajo colaborativo.	CUMPLE	NO CUMPLE
	Entrega un reporte completo, redactado con claridad y sin errores.	CUMPLE	NO CUMPLE
Formatos de reporte de prácticas	Formato sugerido para el Reporte de Práctica 1. Portada 2. Objetivo de la práctica 3. Fundamento teórico 4. Materiales y procedimiento 5. Tabla de observaciones 6. Análisis de resultados (con preguntas guía) 7. Conclusiones y reflexiones 8. Actividades complementarias 9. Referencias (APA 7)		

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica de identificación de sulfuros, sulfosales y sulfatos
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Distinguir minerales pertenecientes a los grupos sulfuros, sulfosales y sulfatos, con el fin de relacionarlos con ambientes geológicos específicos y aplicaciones económicas, mediante el uso de pruebas químicas y observación diagnóstica, en el entorno controlado del laboratorio, fomentando la responsabilidad ambiental y la toma de decisiones informada.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Los sulfuros, sulfosales y sulfatos representan grupos minerales de gran relevancia geológica y económica. Su identificación precisa permite no solo caracterizar ambientes de formación, sino también evaluar su potencial como recursos estratégicos para la industria metalúrgica, química y de materiales.

Los sulfuros están compuestos principalmente por azufre combinado con uno o más metales o semimetales. Se forman principalmente en ambientes hidrotermales y son las principales menas de metales como el cobre, plomo, zinc, hierro y plata. Ejemplos comunes incluyen la pirita (FeS_2), galena (PbS) y calcopirita (CuFeS_2). Se caracterizan por presentar brillo metálico, dureza media y alta densidad.

Los sulfosales, aunque similares a los sulfuros, contienen metales como plata, cobre o plomo combinados no solo con azufre, sino también con elementos semimetálicos como antimonio, arsénico o bismuto. Tienen estructuras cristalinas más complejas y se encuentran comúnmente en vetas hidrotermales. Algunos ejemplos son la tetraedrita $[(\text{Cu},\text{Fe})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}]$ y la proustita (Ag_3AsS_3). Son menos comunes que los sulfuros, pero muchas veces más valiosos económicamente debido a su contenido metálico.

Los sulfatos son minerales compuestos por el anión sulfato (SO_4^{2-}) unido a cationes metálicos. Se originan principalmente en ambientes de oxidación o evaporíticos. Presentan generalmente hábito cristalino transparente o translúcido, baja dureza y alta solubilidad en agua. Entre los más representativos están la barita (BaSO_4), yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y anhidrita (CaSO_4). Su uso industrial abarca desde la construcción hasta la medicina y la producción de pigmentos y fertilizantes.

La identificación en laboratorio de estos grupos se apoya en propiedades físicas como el color, brillo, raya, dureza, exfoliación y densidad, así como en pruebas químicas sencillas, como la reacción con ácidos o la observación de efervescencia. Estas características, junto con el contexto geológico de aparición, permiten establecer inferencias sobre los procesos geodinámicos que originaron dichos minerales.

La correcta distinción entre estos grupos minerales permite comprender los procesos metalogenéticos asociados y evaluar su potencial económico, además de fomentar una toma de decisiones fundamentada para su explotación responsable.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Materiales:

- Muestras minerales representativas de:
 - Sulfuros: pirita (FeS_2), galena (PbS), calcopirita (CuFeS_2), esfalerita (ZnS), bornita (Cu_5FeS_4)
 - Sulfosales: tetraedrita $[(\text{Cu},\text{Fe})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}]$, proustita (Ag_3AsS_3), enargita (Cu_3AsS_4)
 - Sulfatos: barita (BaSO_4), yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), anhidrita (CaSO_4)
- Lámina de vidrio o vidrio de reloj (para comparación de dureza)
- Lima metálica o navaja (para prueba de maleabilidad)
- Clavo de acero o aguja metálica (prueba de dureza)
- Hoja de papel blanco y papel negro (para observación de color y brillo)
- Tabla de observación de propiedades físicas
- Guía de identificación mineralógica (impresa o digital)

8. Lápiz, goma y bolígrafo

Instrumentos:

1. Lupa de mano (10x o superior)
2. Balanza digital o balanza de precisión (para estimación de densidad por masa/volumen)
3. Juego de escalas de dureza de Mohs (opcional, si se cuenta con kit)
4. Luz LED o lámpara blanca (para observación de brillo y transparencia)
5. Microscopio estereoscópico (opcional, si está disponible en el laboratorio)

Reactivos:

1. Ácido clorhídrico diluido (HCl al 10–15%)
 - En frasco gotero, para prueba de efervescencia (con precaución)
 - Útil para descartar la presencia de carbonatos u otros minerales confundibles

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Organizar el equipo de trabajo y verificar que se cuenta con las muestras representativas de sulfuros, sulfosales y sulfatos, así como con los materiales, instrumentos y reactivos necesarios.
2. Observar cada muestra a simple vista y con lupa. Registrar en la tabla de observación el color, brillo, hábito cristalino y aspecto general (forma, transparencia, agregados).
3. Evaluar la dureza aproximada de las muestras:
 - Realizar pruebas de rayado con clavo o vidrio.
 - Comparar con escala de Mohs si está disponible.
4. Realizar la prueba de raya sobre placa de porcelana y anotar el color del trazo (si se produce). Esta prueba es más efectiva en minerales opacos o con brillo terroso.
5. Observar el tipo de exfoliación o fractura en cada muestra:
 - Usar la lupa o una lima metálica para identificar planos de exfoliación visibles.
 - Anotar si el mineral presenta exfoliación perfecta, buena, pobre o fractura irregular/concoidea
6. Estimar la densidad relativa de cada muestra:
 - Evaluar su peso aparente en mano en relación con su tamaño (pesado/ligero).
 - Comparar entre minerales para reconocer variaciones entre subgrupos.
7. Aplicar una gota de ácido clorhídrico diluido (HCl 10–15%) sobre una esquina de algunas muestras seleccionadas, para descartar la presencia de minerales carbonatados.
 - Registrar si hay efervescencia o reacción. Los silicatos no reaccionan con HCl.
8. Clasificar cada muestra según su grupo mineralógico (óxido, hidróxido o haluro), basándose en sus propiedades físicas y composición.
9. Registrar los resultados en la tabla de observación, organizando los datos según propiedades físicas y subgrupo asignado.
10. Limpiar el área de trabajo, devolver el material utilizado y lavar las manos al finalizar la sesión.

RESULTADOS ESPERADOS

Al finalizar la práctica, se espera que el estudiante:

1. Reconozca y diferencie las propiedades físicas distintivas de los sulfuros (como su brillo metálico, color de la raya y alta densidad), sulfosales (estructuras complejas, coloraciones oscuras o rojizas, raya variable) y sulfatos (bajo peso, transparencia, solubilidad parcial, y reacción con BaCl_2).
2. Identifique correctamente al menos una muestra representativa de cada grupo mineral (sulfuro, sulfosal y sulfato), utilizando criterios diagnósticos como:
 - Color, brillo, dureza y raya.
 - Tipo de fractura o exfoliación.

- Reacción con ácido clorhídrico diluido.
 - Pruebas químicas específicas para sulfatos o sulfuros.
3. Relacione cada grupo mineral con los ambientes geológicos donde se originan, tales como:
 - Ambientes hidrotermales (sulfuros y sulfosales).
 - Zonas evaporíticas o de oxidación superficial (sulfatos).
 4. Establezca una relación entre las propiedades observadas y las aplicaciones económicas de los minerales identificados, como en la minería de metales base (galena, esfalerita, tetraedrita), producción de yeso, uso de barita en perforación petrolera, o aplicación de sulfosales en aleaciones especiales.
 5. Sistematice sus observaciones en una tabla comparativa clara, utilizando criterios científicos para fundamentar su clasificación.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez registradas las observaciones físicas y los resultados de las pruebas químicas realizadas sobre cada muestra, el estudiante deberá analizar la información recolectada, comparándola con tablas o guías de identificación mineralógica, para proponer el nombre del mineral correspondiente y justificar su clasificación.

Para guiar la interpretación de los datos obtenidos, responde de forma reflexiva y argumentada las siguientes preguntas:

1. ¿Qué propiedades físicas fueron más útiles para distinguir entre sulfuros, sulfosales y sulfatos? ¿Por qué?
2. ¿Hubo alguna propiedad que generó dudas o confusión en la identificación? Explica cómo lo resolviste.
3. ¿Qué diferencias observaste en la raya y densidad entre los sulfuros y los sulfatos? ¿A qué se deben estas diferencias a nivel estructural y composicional?
4. ¿Qué resultados obtuviste al aplicar ácido clorhídrico? ¿Hubo alguna reacción inesperada? ¿Cómo interpretas esta respuesta química?
5. En el caso de los sulfatos, ¿se confirmó su presencia mediante la prueba con cloruro de bario? ¿Qué observaste y qué indica esa observación?
6. ¿Identificaste correctamente algún sulfosal? ¿Qué características particulares te permitieron diferenciarla de un sulfuro?
7. Relaciona cada mineral con su posible ambiente de formación (ej. hidrotermal, evaporítico, zona de oxidación). ¿Qué evidencias apoyan tu propuesta?
8. Menciona al menos una aplicación económica o industrial para cada tipo de mineral trabajado en la práctica.
9. ¿Por qué es importante combinar pruebas físicas y químicas para una correcta identificación mineralógica en el laboratorio?
10. ¿Qué aspectos mejorarías en la metodología empleada para obtener resultados más concluyentes o precisos?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La práctica permite al estudiante integrar conocimientos teóricos y habilidades prácticas para identificar con precisión minerales de los grupos sulfuros, sulfosales y sulfatos. A través de la observación sistemática y la aplicación de pruebas químicas básicas, el estudiante desarrolla criterios diagnósticos que fortalecen su capacidad para clasificar minerales con base en propiedades físicas, comportamiento químico y contexto geológico.

Asimismo, la práctica favorece la comprensión de los procesos de formación mineral y su asociación con ambientes geológicos específicos, tales como los sistemas hidrotermales profundos o las cuencas evaporíticas superficiales. Este entendimiento es esencial para interpretar modelos metalogenéticos y para la evaluación de recursos minerales con valor económico.

El trabajo experimental estimula además la reflexión sobre el impacto que tienen los minerales en la

vida cotidiana y en diversas industrias, desde la minería metálica hasta la construcción y la tecnología. Este enfoque fomenta una actitud crítica y responsable frente al uso y aprovechamiento de los recursos naturales.

Finalmente, la actividad refuerza competencias fundamentales para el ejercicio profesional en las geociencias, como la atención al detalle, el razonamiento comparativo, la toma de decisiones informada y el trabajo en equipo dentro de un entorno controlado de laboratorio.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Consulta bibliográfica ilustrada:

Investiga en libros o bases de datos especializadas imágenes microscópicas y fichas técnicas de minerales sulfuros, sulfosales y sulfatos no trabajados en la práctica. Elabora una ficha comparativa

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	1. Identifica correctamente los minerales pertenecientes a los grupos sulfuros, sulfosales y sulfatos. 2. Clasifica adecuadamente cada muestra según su grupo mineralógico, con base en las propiedades físicas y reacciones observadas, y qué importancia tiene en la minería. 3. Aplica de forma precisa y segura pruebas físicas como dureza, raya, brillo, exfoliación, densidad relativa y pruebas químicas complementarias. 4. Utiliza con responsabilidad los materiales e instrumentos de laboratorio, incluyendo los reactivos como el ácido clorhídrico, cloruro de bario y nitrato de plata. 5. Registra sus observaciones en una tabla de forma clara, ordenada, concisa y completa. 6. Relaciona las propiedades físicas y químicas con la estructura, composición y ambiente de formación de cada grupo mineral. 7. Participa activamente en las actividades del equipo, respetando turnos, roles asignados y normas de seguridad. 8. Entrega un reporte completo, con redacción clara, sin errores ortográficos, y con la estructura y formato establecidos.																											
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	<table><tr><th>CRITERIO</th><th>CUMPLE</th><th>NO CUMPLE</th></tr><tr><td>Identifica correctamente los minerales observados en la práctica.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Clasifica con fundamento cada muestra según su grupo (sulfuro, sulfosal o sulfato).</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Aplica correctamente las pruebas físicas y químicas indicadas.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Registra los resultados de forma clara, precisa y organizada.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Relaciona propiedades físicas y químicas con estructura, composición y ambiente de formación.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Utiliza adecuadamente los instrumentos y respeta las normas de seguridad.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Participa activamente en el trabajo colaborativo.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Entrega un reporte completo, bien redactado y sin errores ortográficos.</td><td></td><td></td></tr></table>	CRITERIO	CUMPLE	NO CUMPLE	Identifica correctamente los minerales observados en la práctica.			Clasifica con fundamento cada muestra según su grupo (sulfuro, sulfosal o sulfato).			Aplica correctamente las pruebas físicas y químicas indicadas.			Registra los resultados de forma clara, precisa y organizada.			Relaciona propiedades físicas y químicas con estructura, composición y ambiente de formación.			Utiliza adecuadamente los instrumentos y respeta las normas de seguridad.			Participa activamente en el trabajo colaborativo.			Entrega un reporte completo, bien redactado y sin errores ortográficos.		
CRITERIO	CUMPLE	NO CUMPLE																										
Identifica correctamente los minerales observados en la práctica.																												
Clasifica con fundamento cada muestra según su grupo (sulfuro, sulfosal o sulfato).																												
Aplica correctamente las pruebas físicas y químicas indicadas.																												
Registra los resultados de forma clara, precisa y organizada.																												
Relaciona propiedades físicas y químicas con estructura, composición y ambiente de formación.																												
Utiliza adecuadamente los instrumentos y respeta las normas de seguridad.																												
Participa activamente en el trabajo colaborativo.																												
Entrega un reporte completo, bien redactado y sin errores ortográficos.																												
Formatos de reporte de prácticas	Formato sugerido para el Reporte de Práctica - Portada - Objetivo de la práctica																											

- 
3. Fundamento teórico
 4. Materiales y procedimiento
 5. Tabla de observaciones
 6. Análisis de resultados (con preguntas guía)
 7. Conclusiones y reflexiones
 8. Actividades complementarias
 9. Referencias (APA 7)

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica de identificación de óxidos, hidróxidos y haluros
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Reconocer minerales de los grupos óxidos, hidróxidos y haluros, para describir sus propiedades relevantes y aplicaciones industriales o metalúrgicas, siguiendo una metodología comparativa de identificación, en sesiones prácticas supervisadas, fortaleciendo la atención sistemática y el pensamiento estructurado.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Los óxidos, hidróxidos y haluros son grupos de minerales no silicatados que se caracterizan por su simplicidad composicional y por presentar importantes aplicaciones en la industria, la metalurgia y la tecnología.

1. Óxidos: están compuestos por uno o más cationes metálicos unidos al oxígeno como anión principal. Son minerales comúnmente densos, duros y opacos. Algunos ejemplos relevantes incluyen:
 - Hematita (Fe_2O_3): mineral metálico y principal mena de hierro.
 - Magnetita (Fe_3O_4): con propiedades magnéticas distintivas.
 - Corindón (Al_2O_3): extremadamente duro, con aplicaciones como abrasivo y gema.
2. Hidróxidos: contienen grupos hidroxilo (OH^-) como aniones combinados con cationes metálicos. Se caracterizan por menor dureza y aspecto terroso. Algunos ejemplos son:
 - Goetita ($\text{FeO}(\text{OH})$)
 - Limonita (mezcla amorfa rica en $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$)
 - Brucita ($\text{Mg}(\text{OH})_2$)
3. Haluros: están formados por cationes metálicos unidos a halógenos (F^- , Cl^- , Br^- , I^-). Son generalmente de baja dureza, solubles en agua y con estructuras iónicas simples. Ejemplos comunes incluyen:
 - Halita (NaCl): sal de roca.
 - Fluorita (CaF_2): de hábito cúbico, útil en fundición y óptica.
 - Silvina (KCl): soluble y de aspecto similar a la halita.

Estos minerales se reconocen fácilmente en laboratorio por sus propiedades físicas: color, brillo, raya, dureza, densidad, exfoliación y reacción al HCl (en el caso de algunos hidróxidos). Su correcta identificación es fundamental para el estudio de ambientes geológicos oxidantes, procesos supergénicos y usos industriales (como menas metálicas, materiales refractarios, gemas o sales de uso químico).

La práctica de identificación de estos grupos promueve el desarrollo de habilidades de comparación, análisis y razonamiento inductivo, esenciales en mineralogía aplicada.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Materiales:

1. Muestras minerales representativas de los principales subgrupos de silicatos:
 - Óxidos: hematita, magnetita, corindón, casiterita
 - Hidróxidos: goetita, limonita, brucita
 - Haluros: halita, fluorita, silvina
2. Lámina de vidrio o vidrio de reloj (para comparación de dureza)
3. Lima metálica o navaja (para prueba de maleabilidad)
4. Clavo de acero o aguja metálica (prueba de dureza)
5. Hoja de papel blanco y papel negro (para observación de color y brillo)
6. Tabla de observación de propiedades físicas
7. Guía de identificación mineralógica (impresa o digital)
8. Lápiz, goma y bolígrafo

Instrumentos:

6. Lupa de mano (10x o superior)
7. Balanza digital o balanza de precisión (para estimación de densidad por masa/volumen)
8. Juego de escalas de dureza de Mohs (opcional, si se cuenta con kit)
9. Luz LED o lámpara blanca (para observación de brillo y transparencia)
10. Microscopio estereoscópico (opcional, si está disponible en el laboratorio)

Reactivos:

1. Ácido clorhídrico diluido (HCl al 10–15%)
 - En frasco gotero, para prueba de efervescencia (con precaución)
 - Útil para descartar la presencia de carbonatos u otros minerales confundibles

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Organizar el equipo de trabajo y verificar que se cuenta con las muestras representativas de óxidos, hidróxidos y haluros, así como con los materiales e instrumentos necesarios.
2. Observar cada muestra a simple vista y con lupa. Registrar en la tabla de observación el color, brillo, hábito cristalino y aspecto general (forma, transparencia, agregados).
3. Evaluar la dureza aproximada de las muestras:
 - Realizar pruebas de rayado con clavo o vidrio.
 - Comparar con escala de Mohs si está disponible.
4. Realizar la prueba de raya sobre placa de porcelana y anotar el color del trazo (si se produce). Esta prueba es más efectiva en minerales opacos o con brillo terroso.
5. Observar el tipo de exfoliación o fractura en cada muestra:
 - Usar la lupa o una lima metálica para identificar planos de exfoliación visibles.
 - Anotar si el mineral presenta exfoliación perfecta, buena, pobre o fractura irregular/concoidea
6. Estimar la densidad relativa de cada muestra:
 - Evaluar su peso aparente en mano en relación con su tamaño (pesado/ligero).
 - Comparar entre minerales para reconocer variaciones entre subgrupos.
7. Aplicar una gota de ácido clorhídrico diluido (HCl 10–15%) sobre una esquina de algunas muestras seleccionadas, para descartar la presencia de minerales no silicatados.
 - Registrar si hay efervescencia o reacción. Los silicatos no reaccionan con HCl.
8. Clasificar cada muestra según su grupo mineralógico (óxido, hidróxido o haluro), basándose en sus propiedades físicas y composición.
9. Registrar los resultados en la tabla de observación, organizando los datos según propiedades físicas y subgrupo asignado.
10. Limpiar el área de trabajo, devolver el material utilizado y lavar las manos al finalizar la sesión.

RESULTADOS ESPERADOS

Al finalizar la práctica, se espera que el estudiante:

1. Reconozca minerales representativos de los grupos óxidos, hidróxidos y haluros, a partir de la observación de sus propiedades físicas y comportamiento en pruebas diagnósticas básicas.
2. Clasifique correctamente cada muestra dentro de su grupo correspondiente, justificando su decisión con base en datos observables y criterios mineralógicos.
3. Aplique pruebas físicas como la dureza, raya, brillo, densidad relativa y observación de exfoliación, de manera precisa y segura.
4. Interprete las diferencias estructurales y composicionales que distinguen a óxidos, hidróxidos y haluros, relacionándolas con su comportamiento físico.
5. Utilice los instrumentos de laboratorio con responsabilidad y de acuerdo con los protocolos establecidos, incluyendo el uso controlado de ácido clorhídrico.
6. Registre los resultados de forma ordenada, clara y completa en la tabla de observación.
7. Participe activamente en las actividades del equipo, demostrando colaboración, atención

sistemática y pensamiento estructurado durante el desarrollo de la práctica.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez completadas las observaciones y pruebas diagnósticas, el estudiante deberá analizar e interpretar los resultados obtenidos, contrastándolos con información de fuentes confiables (guías mineralógicas, tablas de propiedades físicas y textos especializados).

A continuación, se proponen preguntas guía para apoyar la interpretación de los datos:

1. ¿Qué propiedades físicas permitieron identificar con mayor claridad los óxidos? ¿Qué características comunes comparten?
2. ¿Qué diferencias observaste entre los hidróxidos y los óxidos en cuanto a color, brillo o dureza?
3. ¿Cómo se comportaron los haluros durante las pruebas de dureza, raya y exfoliación? ¿Qué los distingue de los otros dos grupos?
4. ¿Qué minerales presentaron exfoliación cúbica o perfecta? ¿A qué grupo pertenecen y qué indica esta propiedad?
5. ¿Se presentó alguna reacción al aplicar ácido clorhídrico sobre los hidróxidos? ¿Qué indica esto sobre su composición?
6. ¿Cuál de los tres grupos analizados mostró mayor densidad aparente? ¿A qué se debe esta diferencia?
7. ¿Hubo alguna muestra que generó confusión al clasificarla? ¿Qué propiedades generaron dudas y cómo se resolvieron?
8. ¿Qué relación existe entre las propiedades físicas observadas y los usos industriales o metalúrgicos de estos minerales?
9. ¿Qué criterios fueron más útiles para distinguir entre minerales visualmente similares?
10. ¿Qué aprendiste sobre la utilidad de las pruebas físicas como herramienta en la identificación de minerales no silicatados?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La práctica permite al estudiante reconocer e identificar minerales pertenecientes a los grupos de los óxidos, hidróxidos y haluros mediante la aplicación de pruebas físicas básicas, como la dureza, la raya, el brillo, la densidad relativa y la observación de exfoliación. Estas propiedades, combinadas con la información teórica, permiten establecer diferencias claras entre estos tres grupos no silicatados.

Los óxidos se caracterizan por su elevada dureza, densidad y aspecto metálico u opaco, lo cual refleja la fuerza de los enlaces entre cationes metálicos y oxígeno. Los hidróxidos, en cambio, presentan menor dureza, coloraciones terrosas y a menudo reacciones ante ácidos débiles, lo que evidencia su origen supergénico o secundario. Por su parte, los haluros muestran baja dureza, alta solubilidad y estructuras cúbicas bien definidas, propias de minerales de ambientes evaporíticos o sedimentarios.

Esta experiencia fortalece en el estudiante la capacidad de observación sistemática, el análisis comparativo y la interpretación mineralógica con base en evidencia experimental. Además, permite comprender la relación entre las propiedades físicas y las aplicaciones industriales de los minerales, como materias primas para la obtención de metales, sales industriales o materiales abrasivos.

Finalmente, se fomenta el trabajo colaborativo, el respeto por las normas de seguridad del laboratorio y el desarrollo de una actitud crítica hacia el uso y valorización de los recursos minerales en contextos geológicos y productivos.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Cuadro comparativo de propiedades y usos

Elaborar un cuadro donde se comparen al menos tres minerales de cada grupo (óxidos, hidróxidos y haluros), incluyendo:

- Nombre del mineral
- Fórmula química

- Grupo al que pertenece
- Propiedades físicas relevantes
- Principales usos industriales o metalúrgicos

2. Ensayo breve: “La importancia de los óxidos e hidróxidos en la industria del hierro”

Redactar media cuartilla en la que se explique el papel de minerales como la hematita, magnetita y

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación

1. Identifica correctamente los minerales pertenecientes a los grupos de óxidos, hidróxidos y haluros.
2. Clasifica adecuadamente cada muestra según su grupo mineralógico, con base en las propiedades observadas.
3. Aplica de forma precisa y segura pruebas físicas como dureza, raya, brillo, exfoliación y densidad relativa.
4. Utiliza con responsabilidad los materiales e instrumentos de laboratorio incluyendo ácido clorhídrico.
5. Registra sus observaciones en una tabla de forma clara, ordenada y coherente.
6. Relaciona las propiedades físicas con la composición y estructura de cada grupo mineral.
7. Participa activamente en las actividades del equipo, respetando turnos y normas de seguridad.
8. Entrega un reporte completo, con redacción clara, sin errores ortográficos y con la estructura establecida.

Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño

CRITERIO	CUMPLE	NO CUMPLE
Identifica correctamente los minerales observados en la práctica.		
Clasifica con fundamento cada muestra según su grupo (óxido, hidróxido o haluro).		
Aplica correctamente las pruebas físicas indicadas.		
Registra los resultados de forma clara, precisa y organizada.		
Relaciona propiedades físicas con estructura y composición.		
Utiliza adecuadamente los instrumentos y respeta las normas de seguridad.		
Participa activamente en el trabajo colaborativo.		
Entrega un reporte completo, bien redactado y sin errores ortográficos.		

Formatos de reporte de prácticas

Formato sugerido para el Reporte de Práctica

1. Portada
2. Objetivo de la práctica
3. Fundamento teórico
4. Materiales y procedimiento
5. Tabla de observaciones
6. Análisis de resultados (con preguntas guía)
7. Conclusiones y reflexiones
8. Actividades complementarias
9. Referencias (APA 7)

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica de identificación de carbonatos, nitratos y boratos
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Aplicar pruebas químicas controladas sobre minerales seleccionados, para identificar carbonatos, nitratos y boratos a través de reacciones típicas, empleando procedimientos seguros y cantidades mínimas de reactivo, durante prácticas experimentales de laboratorio, promoviendo la conciencia ambiental y la disciplina en el trabajo científico.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Los carbonatos, nitratos y boratos constituyen grupos de minerales no silicatados con estructuras aniónicas complejas, y tienen en común una fuerte tendencia a reaccionar químicamente con ciertos reactivos ácidos. Su identificación en laboratorio se basa principalmente en reacciones químicas específicas, observables y reproducibles, que permiten distinguirlos mediante la liberación de gases, formación de burbujas, cambios de color o precipitados característicos.

Los carbonatos están formados por el anión CO_3^{2-} combinado con cationes metálicos como calcio, magnesio, hierro o cobre. Son minerales comunes en ambientes sedimentarios, especialmente en rocas carbonatadas como la caliza y el mármol. El ejemplo más representativo es la calcita (CaCO_3), que reacciona enérgicamente con ácido clorhídrico (HCl) diluido, liberando dióxido de carbono (CO_2) en forma de efervescencia visible. Otros ejemplos incluyen la dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) y la malaquita ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$).

Los nitratos contienen el anión NO_3^- y tienden a formarse en ambientes áridos o desérticos con fuerte evaporación. Aunque menos comunes que los carbonatos, son importantes por su uso en fertilizantes y explosivos. La nitra (NaNO_3) y el salitre (KNO_3) son ejemplos típicos. Su identificación se basa en su alta solubilidad en agua y en reacciones específicas con agentes reductores o colorimétricos.

Los boratos están compuestos por el anión BO_3^{3-} y estructuras polianiónicas complejas de boro y oxígeno. Se encuentran frecuentemente en ambientes evaporíticos y son esenciales en la industria del vidrio, la cerámica y detergentes. La colemanita ($\text{CaB}_3\text{O}_4(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) y el bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) son ejemplos conocidos. Su reacción con ácidos puede generar burbujas suaves, y pueden identificarse con la prueba de perlas de boro o mediante fusión con reactivos específicos.

El reconocimiento de estos minerales requiere combinar pruebas químicas controladas (como la reacción con HCl) con el análisis de propiedades físicas (color, dureza, hábito cristalino) y observar reacciones características como efervescencia, formación de precipitados o cambios de color. Estas técnicas promueven el uso responsable de reactivos, la seguridad en el laboratorio y la interpretación fundamentada de resultados, aspectos esenciales en la formación científica y ambientalmente consciente del estudiante.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Materiales:

- Muestras minerales representativas de:
 - Carbonatos: calcita (CaCO_3), aragonito (CaCO_3), dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$], malaquita [$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$], etc.
 - Nitratos: nitratina o salitre (NaNO_3), salitre o nitrato potásico (KNO_3), etc.
 - Boratos: bórax [$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$], colemanita [$\text{CaB}_3\text{O}_4(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$], ulexita [$\text{NaCaB}_5\text{O}_6(\text{OH})_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$], etc.
- Lámina de vidrio o vidrio de reloj (para comparación de dureza)
- Lima metálica o navaja (para prueba de maleabilidad)
- Clavo de acero o aguja metálica (prueba de dureza)
- Hoja de papel blanco y papel negro (para observación de color y brillo)
- Tabla de observación de propiedades físicas
- Guía de identificación mineralógica (impresa o digital)
- Lápiz, goma y bolígrafo

Instrumentos:

1. Lupa de mano (10x o superior)
2. Balanza digital o balanza de precisión (para estimación de densidad por masa/volumen)
3. Juego de escalas de dureza de Mohs (opcional, si se cuenta con kit)
4. Luz LED o lámpara blanca (para observación de brillo y transparencia)
5. Microscopio estereoscópico (opcional, si está disponible en el laboratorio)

Reactivos:

1. Ácido clorhídrico diluido (HCl al 10–15%)
 - En frasco gotero, para prueba de efervescencia (con precaución)
 - Útil para descartar la presencia de carbonatos u otros minerales confundibles

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Organizar el equipo de trabajo y verificar que se cuenta con las muestras representativas de sulfuros, sulfosales y sulfatos, así como con los materiales, instrumentos y reactivos necesarios.
2. Observar cada muestra a simple vista y con lupa. Registrar en la tabla de observación el color, brillo, hábito cristalino y aspecto general (forma, transparencia, agregados).
3. Evaluar la dureza aproximada de las muestras:
 - Realizar pruebas de rayado con clavo o vidrio.
 - Comparar con escala de Mohs si está disponible.
4. Realizar la prueba de raya sobre placa de porcelana y anotar el color del trazo (si se produce). Esta prueba es más efectiva en minerales opacos o con brillo terroso.
5. Observar el tipo de exfoliación o fractura en cada muestra:
 - Usar la lupa o una lima metálica para identificar planos de exfoliación visibles.
 - Anotar si el mineral presenta exfoliación perfecta, buena, pobre o fractura irregular/concoidea
6. Estimar la densidad relativa de cada muestra:
 - Evaluar su peso aparente en mano en relación con su tamaño (pesado/ligero).
 - Comparar entre minerales para reconocer variaciones entre subgrupos.
7. Aplicar una gota de ácido clorhídrico diluido ($\approx 10\%$) sobre una esquina de cada muestra para detectar efervescencia:
 - Registrar presencia o ausencia de burbujeo (liberación de CO_2 en carbonatos).
8. Clasificar cada muestra según su grupo mineralógico (sulfuros, sulfosales y sulfatos), basándose en sus propiedades físicas y composición.
9. Registrar los resultados en la tabla de observación, organizando los datos según propiedades físicas y subgrupo asignado.
10. Limpiar el área de trabajo, devolver el material utilizado y lavar las manos al finalizar la sesión.

RESULTADOS ESPERADOS

Al finalizar la práctica, se espera que el estudiante:

1. Reconozca minerales pertenecientes a los grupos carbonatos, nitratos y boratos mediante la observación de propiedades físicas y reacciones químicas características.
2. Detecte la efervescencia de los carbonatos al aplicar ácido clorhídrico o ácido acético diluido, identificando la liberación de dióxido de carbono (CO_2).
3. Distinga los nitratos por su alta solubilidad en agua y su posible comportamiento en pruebas químicas específicas de reducción o detección de iones.
4. Identifique minerales boratados mediante el análisis de sus características físicas, solubilidad parcial y reactividad ante ácidos diluidos.
5. Clasifique cada muestra mineral según su grupo químico, fundamentando su decisión en

evidencias experimentales.

6. Relacione las propiedades observadas con los ambientes geológicos típicos de formación de carbonatos, nitratos y boratos.
7. Sistematice la información recolectada en una tabla comparativa clara y completa.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez registradas las observaciones físicas y los resultados de las pruebas químicas, el estudiante deberá analizar e interpretar los datos recolectados para validar la clasificación de cada muestra. Para ello, deberá responder de forma argumentada las siguientes preguntas:

1. ¿Qué propiedades físicas fueron más útiles para diferenciar entre carbonatos, nitratos y boratos? ¿Por qué?
2. ¿Qué muestras reaccionaron con ácido clorhídrico o ácido acético? ¿Cómo interpretas estas reacciones?
3. ¿Qué diferencias observaste entre la efervescencia intensa y la débil en los carbonatos? ¿A qué se deben?
4. ¿Cómo se evidenció la presencia de nitratos en las muestras? ¿Qué observaciones apoyan su clasificación?
5. ¿Se logró identificar algún borato? ¿Qué características o pruebas te ayudaron a confirmar su presencia?
6. ¿Qué muestras resultaron solubles en agua? ¿Cómo influyó esta propiedad en su identificación?
7. ¿Hubo alguna muestra que generara dudas en su clasificación? ¿Por qué? ¿Cómo resolviste esa incertidumbre?
8. ¿Qué relación puedes establecer entre las propiedades observadas y los ambientes geológicos donde se forman estos minerales?
9. ¿Qué importancia económica tienen los minerales trabajados en esta práctica? Menciona al menos un uso para cada grupo.
10. ¿Qué recomendaciones darías para mejorar la metodología o ampliar los procedimientos de identificación de estos minerales?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La práctica permite al estudiante integrar habilidades de observación, análisis y aplicación de pruebas químicas para identificar minerales pertenecientes a los grupos carbonatos, nitratos y boratos. A través del trabajo experimental, se reconoce que estos grupos presentan propiedades diagnósticas particulares que pueden ser evaluadas con métodos sencillos y seguros en laboratorio.

El uso controlado de ácidos diluidos permitió observar la efervescencia típica de los carbonatos, mientras que la solubilidad en agua y pruebas complementarias facilitaron la identificación de nitratos y boratos. Esta experiencia evidencia la importancia de combinar observaciones físicas con reacciones químicas específicas para lograr una clasificación confiable de minerales.

Además, la práctica favorece el desarrollo de competencias esenciales en el campo de las geociencias, como la atención al detalle, la toma de decisiones fundamentada, la correcta interpretación de resultados experimentales y el uso responsable de los recursos químicos.

Finalmente, al relacionar las propiedades observadas con el contexto geológico de formación y las aplicaciones industriales de estos minerales, se refuerza una visión integral que fomenta la conciencia ambiental y el compromiso ético con la exploración y aprovechamiento de los recursos naturales.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Elaborar fichas técnicas de tres minerales no trabajados en clase
Investigar y describir las propiedades físicas, químicas, ambiente geológico y usos de un carbonato, un nitrato y un borato distintos a los utilizados en la práctica. Incluir imágenes y referencias

bibliográficas.

2. Relacionar los grupos minerales con depósitos geológicos

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación

1. Identifica correctamente los minerales observados en la práctica. Justifica los grupos minerales con base en las propiedades físicas y reacciones químicas.
2. Clasifica adecuadamente cada muestra según su grupo mineralógico con base en las propiedades físicas y reacciones químicas.
3. Aplica de forma específica y segura pruebas físicas como dureza, raya, brillo, exfoliación, densidad relativa y pruebas químicas controladas.
4. Utiliza con respeto los materiales y procedimientos de laboratorio. Justifica las respuestas basándose en el ácido acético, nitrato de plata y otros utilizados.
5. Registra sus observaciones en una tabla de forma clara, ordenada, coherente y completa.
6. Relaciona las propiedades físicas y químicas con la estructura, composición y ambiente de formación de cada grupo mineral.
7. Participa activamente en las actividades del equipo, respetando turnos, roles asignados y normas de seguridad.
8. Entrega un reporte completo, con redacción clara, sin errores ortográficos, y con la estructura y formato establecidos.

Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño

CRITERIO	CUMPLE	NO CUMPLE
Identifica correctamente los minerales observados en la práctica.		
Clasifica con fundamento cada muestra según su grupo (carbonato, nitrato o borato).		
Aplica correctamente las pruebas físicas y químicas indicadas.		
Registra los resultados de forma clara, precisa y organizada.		
Relaciona propiedades físicas y químicas con estructura, composición y ambiente de formación.		
Utiliza adecuadamente los instrumentos y respeta las normas de seguridad.		
Participa activamente en el trabajo colaborativo.		
Identifica correctamente los minerales observados en la práctica.		

Formatos de reporte de prácticas

- Formato sugerido para el Reporte de Práctica
1. Portada
 2. Objetivo de la práctica
 3. Fundamento teórico
 4. Materiales y procedimiento
 5. Tabla de observaciones
 6. Análisis de resultados (con preguntas guía)
 7. Conclusiones y reflexiones
 8. Actividades complementarias
 9. Referencias (APA 7)

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica de identificación de fosfatos, cromatos, arseniatos y vanadatos
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Clasificar minerales complejos de bajo volumen de aparición, como fosfatos, cromatos, arseniatos y vanadatos, para reconocer su importancia científica y estratégica, mediante el uso de guías, muestras patrón y análisis comparativo, en un ambiente académico de estudio mineralógico, fortaleciendo el pensamiento crítico y la valoración del conocimiento especializado.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Los fosfatos, cromatos, arseniatos y vanadatos constituyen grupos de minerales complejos con estructuras aniónicas similares, caracterizados por contener grupos tetraédricos como $(\text{PO}_4)^{3-}$, $(\text{CrO}_4)^{2-}$, $(\text{AsO}_4)^{3-}$ y $(\text{VO}_4)^{3-}$, respectivamente. Aunque su volumen de aparición es bajo en comparación con otros grupos, estos minerales poseen un alto valor científico, industrial o estratégico debido a su contenido de elementos claves como fósforo, cromo, arsénico y vanadio.

Los fosfatos son el grupo más abundante de esta categoría. Su principal representante es la apatita $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})]$, la cual constituye una fuente primaria de fósforo para la producción de fertilizantes. Se forman en ambientes ígneos, sedimentarios y metamórficos, y son comunes en rocas fosfatadas y en forma de mineral accesorio en granitos y pegmatitas.

Los cromatos contienen cromo en su forma hexavalente y son raros en la naturaleza. Un ejemplo representativo es la crocoíta (PbCrO_4) , conocida por su color anaranjado intenso. Su presencia está asociada a ambientes de oxidación secundaria en depósitos de plomo. Los cromatos son importantes por su uso en pigmentos y aleaciones industriales, aunque su toxicidad requiere precaución en su manejo.

Los arseniatos, con aniones similares a los fosfatos, incluyen minerales como adamita $[\text{Zn}_2\text{AsO}_4\text{OH}]$ y olivenita $[\text{Cu}_2\text{AsO}_4\text{OH}]$, que se presentan como productos de alteración en depósitos de sulfuros. Estos minerales tienen aplicaciones limitadas por su toxicidad, pero son valiosos en estudios mineralógicos y ambientales debido a su comportamiento geoquímico.

Los vanadatos son aún más escasos, pero relevantes por su contenido de vanadio, un elemento estratégico para la fabricación de aceros especiales, baterías y catalizadores. Un ejemplo notable es la vanadinita $[\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}]$, que puede aparecer en zonas de oxidación de yacimientos de plomo.

La identificación de estos minerales se basa en la observación de propiedades físicas como color, brillo, hábito y dureza, complementada con el análisis comparativo con guías mineralógicas y muestras patrón. Dado su bajo volumen de ocurrencia y su diversidad composicional, estas prácticas requieren atención rigurosa al detalle, fortaleciendo la capacidad de análisis, la interpretación de datos y la valoración del conocimiento especializado.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Materiales:

- Muestras minerales representativas de:
 - Fosfatos: apatita $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})]$, monacita $[(\text{Ce}, \text{La}, \text{Th})\text{PO}_4]$, wavellita $[\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH}, \text{F})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}]$, etc.
 - Cromatos: crocoíta (PbCrO_4) , etc.
 - Arseniatos: adamita $[\text{Zn}_2\text{AsO}_4\text{OH}]$, olivenita $[\text{Cu}_2\text{AsO}_4\text{OH}]$, mimetita $[\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}]$, etc.
 - Vanadatos: vanadinita $[\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}]$, descloizita $[\text{PbZn}(\text{VO}_4)(\text{OH})]$, etc.
- Lámina de vidrio o vidrio de reloj (para comparación de dureza)
- Lima metálica o navaja (para prueba de maleabilidad)
- Clavo de acero o aguja metálica (prueba de dureza)
- Hoja de papel blanco y papel negro (para observación de color y brillo)
- Tabla de observación de propiedades físicas

7. Guía de identificación mineralógica (impresa o digital)
8. Lápiz, goma y bolígrafo

Instrumentos:

6. Lupa de mano (10x o superior)
7. Balanza digital o balanza de precisión (para estimación de densidad por masa/volumen)
8. Juego de escalas de dureza de Mohs (opcional, si se cuenta con kit)
9. Luz LED o lámpara blanca (para observación de brillo y transparencia)
10. Microscopio estereoscópico (opcional, si está disponible en el laboratorio)

Reactivos:

1. Ácido clorhídrico diluido (HCl al 10–15%)
 - En frasco gotero, para prueba de efervescencia (con precaución)
 - Útil para descartar la presencia de carbonatos u otros minerales confundibles
 Nota: se debe tener precaución con el ácido clorhídrico diluido (10%) precaución con arseniatos y cromatos).

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Organizar el equipo de trabajo y verificar que se cuenta con las muestras representativas de fosfatos, cromatos, arseniatos y vanadatos, así como con los materiales, instrumentos, guías mineralógicas y reactivos autorizados.
2. Observar cada muestra a simple vista y con lupa. Registrar en la tabla de observación el color, brillo, hábito cristalino y aspecto general (forma, transparencia, agregados).
3. Evaluar la dureza aproximada de las muestras:
 - Realizar pruebas de rayado con clavo o vidrio.
 - Comparar con escala de Mohs si está disponible.
4. Realizar la prueba de raya sobre placa de porcelana y anotar el color del trazo (si se produce). Esta prueba es más efectiva en minerales opacos o con brillo terroso.
5. Observar el tipo de exfoliación o fractura en cada muestra:
 - Usar la lupa o una lima metálica para identificar planos de exfoliación visibles.
 - Anotar si el mineral presenta exfoliación perfecta, buena, pobre o fractura irregular/concoidea
6. Estimar la densidad relativa de cada muestra:
 - Evaluar su peso aparente en mano en relación con su tamaño (pesado/ligero).
 - Comparar entre grupos (por ejemplo, los vanadatos y cromatos suelen ser más densos por su contenido metálico).
7. Aplicar una gota de ácido clorhídrico diluido ($\approx 10\%$) sobre una esquina de cada muestra para detectar efervescencia:
 - Registrar presencia o ausencia de burbujeo (liberación de CO_2 en carbonatos).
8. Comparar visualmente las muestras con catálogos, guías mineralógicas impresas o digitales y muestras patrón (si están disponibles).
 - Identificar similitudes en color, forma, brillo y hábito.
9. Clasificar cada muestra con base en sus propiedades observadas y el grupo aniónico correspondiente (PO_4^{3-} , CrO_4^{2-} , AsO_4^{3-} , VO_4^{3-}).
10. Registrar los resultados en la tabla de observación, indicando propiedades físicas, comportamiento químico (si se aplicó) y grupo asignado.
11. Limpiar el área de trabajo, neutralizar cualquier residuo de reactivos, desechar con responsabilidad y lavar las manos al finalizar la sesión.

RESULTADOS ESPERADOS

Al finalizar la práctica, se espera que el estudiante:

1. Reconozca minerales representativos de los grupos fosfatos, cromatos, arseniatos y vanadatos mediante la observación detallada de sus propiedades físicas.
2. Clasifique correctamente cada muestra según su grupo aniónico, con base en características como color, hábito, dureza, brillo y densidad.
3. Diferencie estos minerales de otros similares mediante el uso de guías, muestras patrón o comparación visual documentada.
4. Identifique reacciones químicas simples que puedan apoyar la clasificación, bajo condiciones seguras y controladas.
5. Relacione la composición química observada con el ambiente geológico típico de formación de estos minerales.
6. Valore la importancia científica, estratégica o industrial de al menos uno de los minerales estudiados.
7. Registre sus observaciones de forma clara y ordenada, integrando la información en una tabla comparativa.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez registradas las observaciones y clasificaciones, el estudiante deberá reflexionar sobre el proceso experimental y fundamentar sus decisiones respondiendo a las siguientes preguntas:

1. ¿Qué propiedades físicas resultaron más útiles para diferenciar entre fosfatos, cromatos, arseniatos y vanadatos? ¿Por qué?
2. ¿Hubo alguna muestra cuya identificación fuera especialmente difícil? ¿Qué estrategias utilizaste para resolver la duda?
3. ¿Qué características visuales (color, hábito, brillo) ayudaron a identificar minerales como crocoíta, vanadinita o adamita?
4. ¿Se observó alguna reacción química relevante durante la práctica? ¿Qué información aportó para la clasificación del mineral?
5. ¿Qué relación encontraste entre la densidad de las muestras y su contenido metálico o aniónico?
6. ¿Qué grupo presentó mayor variedad en propiedades físicas? ¿Cuál fue más uniforme?
7. ¿Pudiste reconocer patrones en los colores típicos de cada grupo? (ej. colores verdes para arseniatos o naranjas para cromatos)
8. ¿Qué importancia científica o tecnológica tienen los minerales estudiados, más allá de su rareza? Menciona un ejemplo.
9. ¿Qué precauciones consideraste importantes al trabajar con minerales que contienen cromo o arsénico?
10. ¿Qué aprendiste sobre la utilidad de las guías mineralógicas y las muestras patrón en la identificación comparativa de minerales complejos?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La práctica permite al estudiante desarrollar habilidades de observación comparativa, análisis crítico y clasificación mineralógica en grupos menos comunes como los fosfatos, cromatos, arseniatos y vanadatos. A través del estudio detallado de sus propiedades físicas y del uso de guías especializadas, el estudiante reconoce que estos minerales, aunque escasos, poseen una alta relevancia científica y estratégica.

El ejercicio de identificación en laboratorio refuerza la importancia de considerar no solo los aspectos visibles, como color o brillo, sino también la composición química y el ambiente geológico de formación, elementos clave para una clasificación precisa.

Además, esta práctica fortalece la conciencia sobre el manejo seguro de minerales potencialmente tóxicos, como los que contienen cromo o arsénico, fomentando el respeto por los protocolos de seguridad y la responsabilidad ambiental.

Finalmente, el estudiante valora la utilidad de las herramientas de apoyo —como guías mineralógicas y muestras patrón— para mejorar la precisión del análisis, comprendiendo que la correcta

identificación de estos minerales contribuye al avance del conocimiento mineralógico y a la toma de decisiones fundamentadas en diversos campos de la ciencia y la industria.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS			
1. Investigar un mineral de cada grupo			
EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE			
Criterios de evaluación	1. Identifica correctamente los minerales pertenecientes a los grupos fosfatos, cromatos, arseniatos y vanadatos. 2. Clasifica adecuadamente cada muestra según su grupo mineral con su uso estratégico o tecnológico. 3. Aplica de forma precisa y segura pruebas físicas como dureza, raya, brillo, exfoliación y densidad relativa, así como análisis comparativo con muestras patrón o guías. 4. Utiliza con responsabilidad los materiales e instrumentos de laboratorio, incluyendo los reactivos permitidos, siguiendo las normas de seguridad. 5. Registra sus observaciones en una tabla de forma clara, ordenada, concisa y completa. 6. Relaciona las propiedades físicas y químicas con la estructura, composición y ambiente de formación de cada grupo mineral. 7. Participa activamente en las actividades del equipo, respetando turnos, roles asignados y normas de seguridad. 8. Entrega un reporte completo, con redacción clara, sin errores ortográficos, y con la estructura y formato establecidos.		
	9. Relaciona las propiedades físicas y químicas con la estructura, composición y ambiente de formación de cada grupo mineral.		
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	CRITERIO	CUMPLE	NO CUMPLE
	Identifica correctamente los minerales observados en la práctica.		
	Clasifica con fundamento cada muestra según su grupo (fosfato, cromato, arseniato o vanadato).		
	Aplica correctamente las pruebas físicas y el análisis comparativo indicado.		
	Registra los resultados de forma clara, precisa y organizada.		
	Relaciona propiedades físicas y químicas con estructura, composición y ambiente de formación.		
	Utiliza adecuadamente los instrumentos y respeta las normas de seguridad.		
	Participa activamente en el trabajo colaborativo.		
	Entrega un reporte completo, bien redactado y sin errores ortográficos.		
Formatos de reporte de prácticas	Formato sugerido para el Reporte de Práctica 1. Portada 2. Objetivo de la práctica 3. Fundamento teórico 4. Materiales y procedimiento 5. Tabla de observaciones 6. Análisis de resultados (con preguntas guía) 7. Conclusiones y reflexiones		

- | | |
|--|---|
| | <ol style="list-style-type: none">8. Actividades complementarias9. Referencias (APA 7) |
|--|---|

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Aroyo, M. I. (2018). *Crystallographic shelves: space-group hierarchy explained*. Journal of Applied Crystallography, 51(5), 1234–1240. (Desde *International Tables for Crystallography*, Vol. A, Wiley)
- Bideaux, R. A., Bladh, K. W., Nichols, M. C., & Anthony, J. W. (1995). *Handbook of Mineralogy: Silica, Silicates*. Mineral Data Publishing.
- Bosi, F., Biagioni, C., & Oberti, R. (2019). On the chemical identification and classification of minerals. *Minerals*, 9(10), 591. <https://doi.org/10.3390/min9100591>
- Deer, W. A., Howie, R. A., & Zussman, J. (1962–1963). *Rock-forming minerals* (Vol. 5A: Óxidos, hidróxidos y sulfuros). The Geological Society. Consultable en: <https://www.geolsoc.org.uk/bookshop/products/rock-forming-minerals-volume-5a-non-silicates-oxides-hydroxides-and-sulphides>
- Deer, W. A., Howie, R. A., & Zussman, J. (2013). *An introduction to the rock forming minerals* (3.ª ed.). Wiley. Recuperado de: <https://dokumen.pub/an-introduction-to-the-rock-forming-minerals-3nbsped-9780903056335.html>
- Gribble, C. D., & Hall, A. J. (1992). *Optical mineralogy: Principles and practice*. CRC Press.
- Hurlbut, C. S., & Klein, C. (1993). *Manual de Mineralogía* (21ª ed.). Compañía Editorial Continental.
- Klein, C., & Philpotts, A. R. (2008). *Earth Materials: Introduction to Mineralogy and Petrology*. Cambridge University Press. Recuperado de: https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781108110730_A28991882/preview-9781108110730_A28991882.pdf
- Klein, C., & Dutrow, B. (2007). *Manual of Mineral Science* (23rd ed.). Wiley.
- Klein, C., & Dutrow, B. (2022). *Manual of mineral science* (24.ª ed.). Wiley.
- Nesse, W. D. (2012). *Introduction to mineralogy* (2.ª ed.). Oxford University Press.
- Nesse, W. D. (2012). *Introduction to mineralogy* (2.ª ed.). Oxford University Press.
- Mindat.org. (s.f.). *Handbook of Mineralogy – Halides, Hydroxides, Oxides*. Recuperado de <https://www.mindat.org/reference.php?id=16641619>
- Perkins, D. (2011). *Mineralogy* (3rd ed.). Pearson Education.
- Rollinson, H. R. (1993). *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*. Longman Scientific & Technical.
- Rutherford, J. S. (2005). Crystal structure. En F. Bassani, G. L. Liedl, & P. Wyder (Eds.), *Encyclopedia of condensed matter physics* (pp. 289–294). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-12-369401-9/00686-0>
- Schaller, R. (2022). *Silicates and silica*. En *Structure and Reactivity in Inorganic Chemistry*. LibreTexts.
- Universidad de Oviedo. (s.f.). *Cristalografía geométrica* [Material didáctico]. OpenCourseWare – Universidad de Oviedo. https://ocw.uniovi.es/pluginfile.php/771/mod_resource/content/3/1.pdf

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

No aplica



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu