

Técnicas básicas de aislamiento, purificación e identificación parcial

Procedimientos del laboratorio de química orgánica



Técnicas básicas de aislamiento, purificación e identificación parcial

Procedimientos del laboratorio de química orgánica



Técnicas básicas de aislamiento, purificación e identificación parcial

Procedimientos del laboratorio de química orgánica

Morelia Eunice López Reyes
José Miguel Velázquez López
Irma Idalia Rangel Salas
Alfredo Rosas Sánchez



Técnicas básicas de aislamiento, purificación e identificación parcial. Procedimientos del laboratorio de química orgánica. **Autores:** Morelia Eunice López Reyes, José Miguel Velázquez López, Irma Idalia Rangel Salas, Alfredo Rosas Sánchez. — *Guadalajara, México. 2026.*

120 P. 23 cm.

Primera edición

D. R. © copyright 2026

ISBN: **979-13-88349-34-8**

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE26004709>



La presente obra fue dictaminada bajo el sistema de doble ciego y cuenta con el aval de los dictámenes de pares académicos en el campo de las ciencias sociales en México.

Edición y corrección: **Astra ediciones**

Ilustraciones por: Francisco Javier Placito Legaspi



Todos los contenidos de esta publicación se comparten bajo la licencia Creative Commons Atribución/Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (**CC BY-NC-SA 4.0**). Esto implica que no está autorizado el uso comercial de la obra original ni de las eventuales obras derivadas, las cuales deberán distribuirse bajo la misma licencia que rige la obra original. No obstante, se permite a terceros compartir el contenido siempre y cuando se reconozca debidamente la autoría y la publicación original en esta editorial.

Contenido

Prólogo	11
----------------------	-----------

Práctica 1

Recristalización de acetanilida.....	13
Introducción	14
Objetivos	16
Materiales y reactivos	16
Procedimiento	17
Cuestionario	23

Práctica 2

Determinación de punto de fusión	25
Introducción	26
Objetivos	27
Materiales y reactivos	27
Procedimiento	28
Cuestionario	31

Práctica 3

Sublimación	33
Introducción	34
Objetivos	35
Materiales y reactivos	35
Procedimiento	35
Cuestionario	39

Práctica 4

Destilación simple y fraccionada.....	41
Introducción	42
Objetivos	43
Materiales y reactivos	43

Procedimiento	44
Cuestionario	51

Práctica 5

Destilación por arrastre con vapor	53
Introducción	54
Objetivos	55
Materiales y reactivos	55
Procedimiento	55
Cuestionario	58

Práctica 6

Cromatografía en capa fina	61
Introducción	62
Objetivos	63
Materiales y reactivos	63
Procedimiento	64
Cuestionario	70

Práctica 7

Extracción simple.....	73
Introducción	74
Experimento 1. Miscibilidad y solubilidad.....	75
Objetivo.....	75
Materiales y reactivos	75
Procedimiento	75
Experimento 2. Extracción líquido-líquido.....	77
Objetivos	77
Materiales y reactivos	77
Procedimiento	77
Cuestionario	81

Práctica 8

Extracción de ácido acetilsalicílico y su purificación mediante recristalización.....	83
Introducción	84

Objetivos	85
Materiales y reactivos	85
Primera parte. Extracción de ácido acetilsalicílico a partir de tabletas de aspirina	86
Segunda parte. Recristalización de ácido acetilsalicílico	91
Cuestionario	93

Práctica 9

Extracción de pigmentos naturales y su separación por cromatografía en columna.....	95
Introducción	96
Objetivos	97
Procedimiento	97
Cuestionario	104

Práctica 10

Diseño de un protocolo de separación y purificación de una mezcla problema.....	107
Introducción	108
Objetivos	108
Procedimiento	109
Referencias.....	114

Prólogo

El laboratorio constituye uno de los espacios formativos más importantes en la enseñanza de la química. Es en él donde los conceptos teóricos adquieren significado práctico y donde los estudiantes desarrollan habilidades experimentales, criterio científico y hábitos de trabajo rigurosos. En el caso particular de la química orgánica, la comprensión de los métodos de aislamiento, purificación e identificación de compuestos es esencial, ya que gran parte del trabajo experimental en esta disciplina consiste en obtener sustancias puras a partir de mezclas complejas.

La presente Guía de procedimientos del Laboratorio de Química Orgánica ha sido elaborada con el propósito de proporcionar a los estudiantes un conjunto de herramientas experimentales claras y sistemáticas que faciliten el aprendizaje de las técnicas básicas utilizadas en el laboratorio. En ella, se describen principios, fundamentos y procedimientos asociados a técnicas como la recristalización, la destilación, la sublimación, la extracción y la cromatografía, las cuales constituyen la base del trabajo experimental en química orgánica.

Más allá de servir como un simple manual de instrucciones, esta guía busca fomentar en los estudiantes una actitud crítica y reflexiva frente al trabajo experimental. Cada procedimiento representa una oportunidad para comprender los principios fisicoquímicos que gobiernan el comportamiento de las sustancias y para desarrollar habilidades de observación, análisis y toma de decisiones en el laboratorio.

Esperamos que este material contribuya al desarrollo de una formación sólida en técnicas experimentales y que sirva como apoyo para que los estudiantes adquieran confianza en el manejo del laboratorio, comprendan la lógica detrás de los procedimientos y se acerquen de manera más profunda al trabajo del químico.

– Los autores

Dra. Morelia Eunice López Reyes

Dr. José Miguel Velázquez López

Dra. Irma Idalia Rangel Salas

Dr. Alfredo Rosas Sánchez

01

Práctica

Recristalización de acetanilida

Introducción

La recrystalización es una técnica ampliamente utilizada para la purificación de sólidos cristalinos. Para que el proceso sea eficiente, es importante que la muestra contenga pequeñas cantidades de impurezas. El procedimiento consta de varias etapas: selección del disolvente, disolución de la muestra, decoloración (si es necesaria), filtración en caliente, inducción de la cristalización, filtración de los cristales, lavado y secado.

Elección del disolvente

La recrystalización se basa en la solubilidad del compuesto, considerando que esta aumenta con la temperatura en un disolvente determinado. Por ello, la correcta elección del disolvente es fundamental para lograr una purificación eficiente.

Para seleccionar el disolvente adecuado, se realizan pruebas de solubilidad en distintos solventes, eligiendo aquel que cumpla con la siguiente característica: el soluto debe ser poco o parcialmente soluble a temperatura ambiente, pero completamente soluble en caliente. Además, se debe considerar que el disolvente:

- No reaccione con el compuesto a purificar.
- Ser lo suficientemente volátil para evaporarse fácilmente de la superficie de los cristales una vez formados.
- Tener baja toxicidad y preferentemente ser un disolvente verde (ambientalmente amigable).

Si no es posible encontrar un disolvente “ideal” que a temperatura ambiente no disuelva, pero sí en caliente, se puede recurrir a la recrystalización por par de disolventes.

Esta técnica consiste en utilizar un disolvente en el que la muestra sea totalmente soluble y otro en el que sea insoluble (antidisolvente).

Primero, la muestra se disuelve en la mínima cantidad del primer disolvente, y luego se añade lentamente el antidisolvente, evitando que ambas fases se mezclen bruscamente. Esto permite la formación de cristales en la interfase. La proporción entre disolvente y antidisolvente debe ser, como mínimo, de 1:2.

Decoloración

Si al disolverse la muestra presenta una coloración causada por impurezas, se recomienda el uso de carbón activado para eliminarlas.

Filtración en caliente

La filtración en caliente se realiza cuando hay presencia de impurezas insolubles, visibles como turbidez o sólidos precipitados en la disolución. También es necesaria tras el uso de carbón activado, para retirarlo antes de la cristalización.

Inducción de la cristalización

Una vez realizada la filtración en caliente, se deja enfriar la disolución a temperatura ambiente para inducir la cristalización. Si no se observa formación de cristales, puede ser necesario enfriar aún más mediante un baño de hielo, refrigeración o el uso de un líquido criogénico, según sea el caso.

Filtración, lavado y secado de los cristales

Cuando los cristales se han formado, se procede a su separación mediante filtración al vacío. Los cristales que permanezcan en el matraz pueden recuperarse al usar una pequeña cantidad de disolvente frío. Este mismo disolvente frío se emplea para lavar la superficie de los cristales y remover impurezas adheridas.

Una vez filtrados y lavados, los cristales deben secarse. El secado puede realizarse a temperatura ambiente o en un horno que depende de la volatilidad del disolvente utilizado.

Es importante recordar que durante la filtración al vacío se obtienen, por un lado, los cristales y, por otro, el líquido filtrado conocido como aguas madres. Estas contienen el disolvente, impurezas solubles y parte del compuesto de interés que no llegó a cristalizar.

Si el rendimiento de recuperación es bajo, debe considerarse que una cantidad significativa del compuesto podría haber quedado disuelta en las aguas madres, por lo que puede ser necesaria una segunda recristalización para recuperarlo.

Objetivos

- Purificar acetanilida mediante la técnica de recristalización.
- Ejecutar y comprender cada paso involucrado en el proceso de recristalización.
- Determinar el punto de fusión de la acetanilida antes y después de recristalizar.

Materiales y reactivos

Materiales		Reactivos	
1	Parrilla termoagitadora	60 mL	Agua destilada
1	Barra de agitación magnética	1.5 g	Acetanilida
1	Matraz Erlenmeyer de 250 mL		
1	Embudo de vástago corto		
2	Vaso de precipitado de 100 mL		
1	Embudo Buchner		
1	Matraz Kitasato		
1	Aro metálico		
1	Soporte universal		
2	Papel filtro		
1	Varilla de vidrio		

Procedimiento

Paso 1

Colocar 60 mL de agua destilada en un matraz Erlenmeyer de 250 mL y calentar hasta ebullición.

Figura 1.1

El uso de matraz Erlenmeyer o algún otro matraz de cuello alto es altamente recomendable en este paso para evitar que el disolvente se evapore rápidamente durante el calentamiento.



Paso 2

Añadir al matraz 1.5 g de acetanilida impura y agitar hasta disolver por completo.

Figura 1.2

Si no se cuenta con una parrilla no cuenta con agitación magnética, será necesario utilizar una varilla de vidrio y realizar agitación manual.



Nota: Si lo desea, puede colocar primero los 1.5 g de acetanilida en el matraz Erlenmeyer y después agregar el agua. Enseguida, calentar hasta el punto de ebullición del agua y agitar hasta disolver.



Importante: Si al disolver, la disolución resultante es colorida, entonces agregar 0.1 g de carbón activado y mezclar.



Paso 3

Filtrar en caliente con un embudo de vástago corto. Recibir la mitad de la disolución en un vaso de precipitados de 100 mL y la otra mitad en otro vaso de precipitados de 100 mL.

Figura 1.3

Montaje de filtración por gravedad.



Introduzca un poco el vástago del embudo en el vaso de precipitados para evitar la evaporación del disolvente.

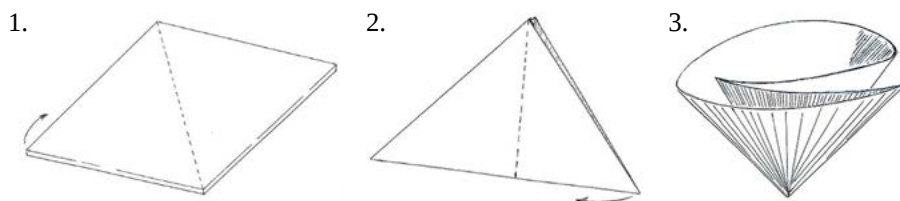
Importante: Para evitar la cristalización del compuesto en el vástago del embudo, realice la filtración cuidando que la disolución continúe lo más caliente posible. Una forma de prevenir la cristalización en el embudo es precalentar el material en el horno.



Para realizar la filtración en caliente, colocar el papel filtro en el embudo de vástago largo y doblar el papel filtro en forma de cono.

Figura 1.4

Guía para doblar papel filtro.



¿Qué cara del papel filtro se coloca hacia arriba?

Cuando se requiere recuperar el líquido:
Se coloca la cara más porosa (cara rugosa con fibras sueltas) hacia arriba.

Cuando se requiere recuperar al sólido:
Se coloca la cara menos porosa (menos rugosa) hacia arriba.

Paso 4

Con la finalidad de observar el efecto de la temperatura en la formación de los cristales, dejar un vaso de precipitados a temperatura ambiente y colocar el otro en un baño de hielo. Observar la diferencia de tamaño, forma y cantidad de los cristales formados a temperatura ambiente y en baño de hielo.

Figura 1.5

Cristalización en baño de hielo y a temperatura ambiente.



Paso 5

Para separar los cristales de las aguas madres se deberá filtrar al vacío.

Figura 1.6

Sistema de filtración al vacío. Se recomienda el uso de una trampa entre la bomba y el matraz de filtración.



Para realizar una filtración al vacío, es necesario cortar el papel filtro en forma circular y exactamente a la medida del interior del embudo Buchner. Para ello, se recomienda marcar el contorno del embudo Buchner con lápiz y recortar. Enseguida, meter el papel filtro dentro del embudo y marcar el contorno con la mano para poder recortar el papel sobrante.

Figura 1.7

Marcado del contorno del embudo Buchner.



Nota: Si lo desea, puede colocar primero los 1.5 g de acetanilida en el matraz Erlenmeyer y después agregar el agua. Enseguida, se debe calentar hasta el punto de ebullición del agua y agitar hasta disolver.



Para realizar la filtración, colocar papel filtro con la parte porosa (rugosa) hacia arriba. Enseguida colocar el embudo Büchner con la parte más corta del vástago y ver hacia la espiga de vacío. No olvide colocar un caucho entre el matraz Kitasato y el embudo Büchner.

Figura 1.8

Montaje del embudo Buchner para filtración al vacío.



Durante la filtración, se recomienda el uso de una varilla de vidrio como guía para que el sólido caiga principalmente en el centro del embudo. Para eliminar trazas de aguas madres, lavar los cristales con el mismo disolvente en el que recrystalizó.

Figura 1.9

Varilla como guía para la filtración.

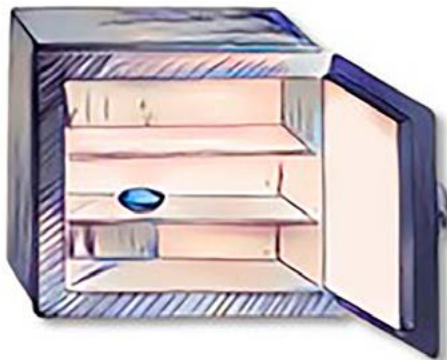


Paso 6

Secar los cristales en el horno.

Figura 1.10

Horno de secado.



Paso 7

Una vez que los cristales estén secos, calcular el porcentaje de recuperación y determinar el punto de fusión.

Cuestionario

1. ¿Qué tipo de compuestos pueden ser purificados mediante recristalización?
2. ¿Cuál es la función del carbón activado?
3. ¿Qué pasaría si se agrega un exceso de carbón activado?
4. ¿Cuál es la consecuencia de un enfriamiento lento y de un enfriamiento rápido en la formación de cristales?
5. ¿Cuándo debe usarse una filtración por gravedad y cuándo una filtración al vacío?
6. ¿Qué tipo de fuerzas intermoleculares permiten que, al calentar la acetanilida, se solubilice en agua?

La pureza de la violeta

Londres, 1856. En un laboratorio improvisado en el rincón de su casa, un joven de 18 años llamado William Henry Perkin intentaba una hazaña ambiciosa: sintetizar quinina, el compuesto natural utilizado para tratar la malaria. Con tubos de vidrio manchados y matraces al calor de lámparas de aceite, trabajaba incansablemente con derivados del alquitrán de hulla, una fuente poco convencional de compuestos orgánicos. Tras varios intentos fallidos, una tarde notó que una de sus mezclas —oscura, pegajosa y aparentemente inútil— dejaba residuos de un color violeta intenso cuando la lavaba. Intrigado, disolvió el residuo en etanol caliente, lo filtró con tela de lino y lo dejó reposar. A la mañana siguiente, el líquido contenía cristales brillantes de un violeta puro. Había aplicado sin saberlo una recristalización, separando el primer colorante sintético de la historia: la mauvina. Perkin no era químico de formación aún, pero había logrado purificar un compuesto orgánico mediante la recristalización, mucho antes de que la técnica se formalizara en los manuales. Su descubrimiento marcó el nacimiento de la industria de los colorantes sintéticos, transformando no solo la moda victoriana, sino también la historia de la química orgánica

aplicada. El color violeta, antes reservado a reyes por su rareza, se volvió accesible a todos. Y en el corazón de ese cambio social y científico, estuvo la recrystalización silenciosa de un compuesto que no buscaba fama, pero cambió el mundo desde un matraz.

OpenAI. (2025, junio). ChatGPT (versión GPT-4o) [Herramienta de inteligencia artificial]. <https://chat.openai.com>.

02

Práctica

Determinación de punto de fusión

Introducción

El punto de fusión es una propiedad física fundamental que representa la temperatura a la cual una sustancia pasa del estado sólido al estado líquido, bajo presión atmosférica normal. Este parámetro es de gran importancia en el estudio de los compuestos químicos, ya que proporciona información clave sobre su estructura, naturaleza intermolecular, grado de pureza y tipo de enlace predominante. Desde una perspectiva termodinámica, el punto de fusión corresponde al equilibrio entre las fases sólida y líquida, donde la energía térmica es suficiente para vencer las fuerzas que mantienen a las partículas en un arreglo ordenado y rígido. Este valor es una propiedad intensiva, lo que significa que no depende de la cantidad de materia presente, sino de la identidad del compuesto y de las interacciones moleculares que lo constituyen.

En química orgánica, el punto de fusión se utiliza como criterio de identidad, ya que sustancias puras tienen puntos de fusión bien definidos y reproducibles. Además, su utilidad como criterio de pureza es particularmente relevante: una muestra pura presenta un punto de fusión estrecho, con un intervalo menor a 2 °C, mientras que la presencia de impurezas provoca una disminución del punto de fusión y una ampliación del intervalo de fusión. Esta modificación se explica mediante la ley de Raoult, la cual establece que la presencia de un soluto no volátil disminuye la presión de vapor del disolvente. Aplicado al estado sólido, una impureza interfiere en el orden cristalino del compuesto principal, reduciendo la energía necesaria para fundirlo. Esta perturbación implica que algunas regiones de la muestra comiencen a fundirse antes de alcanzar el punto de fusión ideal y genera una transición más gradual entre el sólido y el líquido.

La naturaleza del enlace químico es otro factor determinante en los puntos de fusión. Los compuestos iónicos, como el cloruro de sodio (NaCl), presentan puntos de fusión elevados debido a la fuerte atracción

electrostática entre iones de carga opuesta en una red cristalina tridimensional. En contraste, los compuestos covalentes muestran una gran diversidad de puntos de fusión dependiendo del tipo de fuerzas intermoleculares implicadas. Por ejemplo, moléculas covalentes no polares como el benceno tienen puntos de fusión bajos por la debilidad de las fuerzas de dispersión de London, mientras que compuestos covalentes polares como el ácido benzoico presentan puntos de fusión más altos debido a la presencia de interacciones por puentes de hidrógeno. En este sentido, existe una relación directa entre la polaridad del compuesto y su punto de fusión: cuanto más polar es una molécula, más fuertes serán las fuerzas intermoleculares y, por tanto, mayor será la temperatura necesaria para romperlas.

Además de su aplicación como indicador de pureza e identidad, el punto de fusión también permite inferir la polaridad relativa entre compuestos estructuralmente similares. Así, su determinación no solo es una herramienta analítica clásica, sino también una vía indirecta para comprender el comportamiento molecular. En la práctica de laboratorio, esta propiedad permite validar la síntesis de compuestos, detectar mezclas y comparar la estructura de análogos moleculares.

Objetivos

- Determinar el punto de fusión de compuestos orgánicos.
- Utilizar el punto de fusión como criterio de pureza.
- Utilizar el punto de fusión como criterio de identificación parcial.
- Utilizar el punto de fusión como criterio de polaridad relativa.

Materiales y reactivos

Materiales

- | | |
|---|--|
| 3 | Tubo capilar para punto de fusión. |
| 2 | Muestras problema. |
| 1 | Muestra de acetanilida previamente purificada mediante recrystalización. |

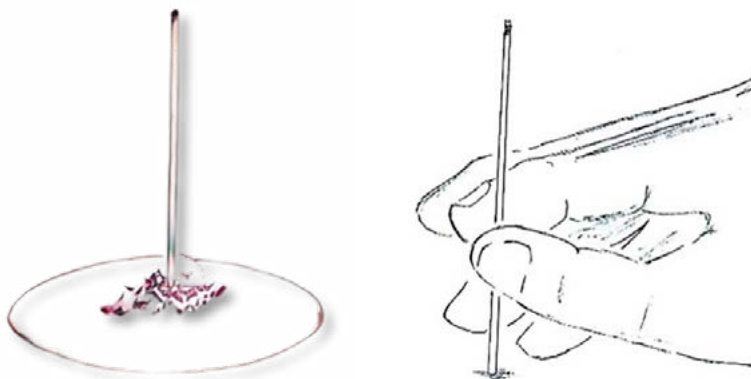
Procedimiento

Paso 1

Introducir las tres muestras problema en tubos capilares para medir punto de fusión.

Figura 2.1

Llenado de tubo capilar para punto de fusión.



¿Cómo colocar la muestra dentro de los capilares?

Acomode su muestra en forma de montículo. Enseguida, coloque el capilar con el extremo abierto en forma perpendicular a la superficie e introduzca el sólido hasta que choque levemente el capilar sobre el montículo. Cuando la muestra dentro del capilar abarque aproximadamente 3 mm, voltee el capilar con el extremo sellado hacia abajo y vuelva a golpear suavemente para que el sólido descienda hasta el fondo.

Paso 2

Colocar los capilares en las rejillas del fusiómetro Fischer.

Figura 2.2

Vista superior del fusiómetro.



Rejillas donde deberá colocar los tubos capilares.

Importante: Antes de colocar los tubos capilares dentro del fusiómetro, revise que el aparato se encuentre a temperatura ambiente.

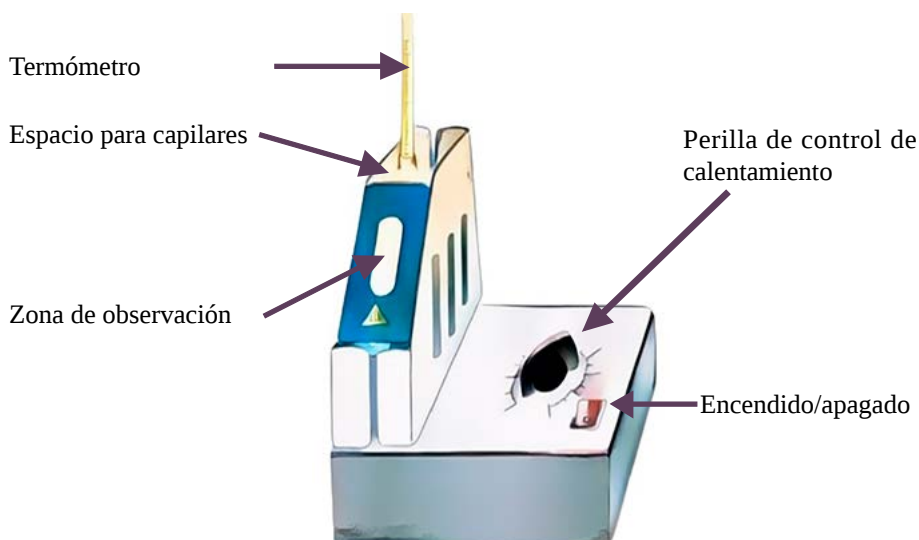


Paso 3

Encender la lampara y colocar la perilla de calentamiento en posición 4.

Figura 2.3

Esquema de un fusiómetro.

**Paso 4**

Registrar la temperatura de fusión.

Nota: El punto de fusión se registra como un intervalo al anotar la temperatura inicial cuando se forma la primera gota al comenzar la fusión y la temperatura final cuando el compuesto ha fundido por completo.

**Paso 5**

Analizar los datos obtenidos:

- Determinar si se trata de muestras puras o impuras.
- Utilizar los valores de punto de fusión obtenidos, ordenar las muestras problema de menor a mayor polaridad.
- Utilizar el criterio de identificación parcial para comprobar que la muestra que se recrystalizó realmente correspondía a acetanilida.

Cuestionario

1. ¿Qué significa que el punto de fusión sea una propiedad intensiva?
2. Si se mide el punto de fusión de una sustancia pura y después de 5 minutos utiliza el mismo tubo capilar para medir nuevamente el punto de fusión, ¿espera que el punto de fusión cambie?
3. ¿Cómo se puede saber si una sustancia es pura mediante punto de fusión?
4. Un compuesto puro siempre tiene un intervalo de punto de fusión mayor a 5 °C, ¿verdadero o falso?
5. ¿Qué indica un punto de fusión que inicia a una temperatura más baja de lo esperado y se da en un amplio intervalo?
 - a. Sustancia pura
 - b. Error instrumental
 - c. Presencia de impurezas

El cristal y la firma

Alemania, 1890. En los pasillos del laboratorio de la Universidad de Leipzig, la joven Clara Immerwahr, estudiante avanzada de química, trabajaba bajo la supervisión de uno de los químicos más reconocidos del país. Era una época donde pocas mujeres se atrevían a cruzar las puertas de un laboratorio, pero Clara, con su cuaderno encuadernado y bata puesta, lo hacía con decisión. Una tarde, mientras analizaba un lote de ácido benzoico obtenido en una síntesis estudiantil, Clara notó que el compuesto, que debía fundir a 122 °C, comenzaba en 114 °C. Confundida, repitió la medición con un pequeño tubo capilar y un termómetro de mercurio suspendido en una mezcla de aceite. El resultado se repitió. Pero esta vez, observó que el sólido no fundía de forma nítida, sino en un intervalo. Entonces comprendió: el compuesto no estaba puro. Su profesor le explicó que el punto de fusión era una huella química, como una firma. Cada sustancia pura funde a una temperatura específica. Si esa temperatura baja o se dispersa en un intervalo, hay algo más en la muestra: impurezas, contaminantes, o disolventes residuales. A partir de ese día, Clara perfeccionó su habilidad para determinar puntos de fusión, usando el dato no solo como confirmación de identidad, sino como criterio de pureza,

como un detector silencioso de errores químicos. Décadas después, aquel conocimiento preciso —aprender a leer el momento exacto en que un sólido se rinde al calor— seguiría enseñándose en laboratorios de todo el mundo. Porque como decía Clara: “La ciencia también está en los detalles pequeños, en lo que cambia con un grado de más”.

OpenAI. (2025, junio). ChatGPT (versión GPT-4o) [Herramienta de inteligencia artificial]. <https://chat.openai.com>.

03

Práctica

Sublimación

Introducción

La sublimación es un proceso físico por el cual una sustancia pasa directamente del estado sólido al estado gaseoso, sin transitar por la fase líquida. Este fenómeno ocurre bajo condiciones específicas de temperatura y presión, generalmente por debajo del punto triple de la sustancia, como lo indica su diagrama de fases. En dicho diagrama, la región de sublimación se encuentra limitada por la línea que separa el sólido del gas, y este comportamiento es característico de ciertas sustancias cuyas fuerzas intermoleculares son relativamente débiles.

En química, la sublimación no solo representa un cambio de estado, sino que también se aprovecha como una técnica de purificación para sólidos. El principio fundamental de la sublimación como método de purificación radica en que una sustancia pura puede sublimar dejando atrás las impurezas no volátiles. El sólido se calienta suavemente en un sistema cerrado, y los vapores que se generan se condensan en una superficie fría (como un refrigerante o un tubo de sublimación), donde la sustancia se vuelve a depositar en forma cristalina. Este procedimiento permite separar compuestos volátiles de otros menos volátiles o térmicamente estables que no subliman bajo las mismas condiciones.

Entre las ventajas de la sublimación como técnica de purificación destacan su simplicidad operativa, la ausencia de disolventes (lo que la convierte en una opción más ecológica y rentable) y la alta pureza del producto recuperado. Es particularmente útil en la purificación de sólidos orgánicos como la naftalina, el yodo, el alcanfor y ciertos derivados aromáticos o heterocíclicos. Además, la sublimación es una técnica suave que puede preservar la estructura de compuestos sensibles al calor.

Sin embargo, este método también presenta limitaciones importantes. No todas las sustancias pueden sublimar; es necesario que el sólido posea una presión de vapor suficientemente alta a temperaturas accesibles para que ocurra el cambio de fase directamente hacia el estado gaseoso.

Además, si las impurezas tienen características volátiles similares, la separación puede ser ineficiente. Asimismo, la sublimación no es adecuada para compuestos que se descomponen antes de alcanzar su punto de sublimación o que poseen una estructura cristalina demasiado compacta debido a fuerzas intermoleculares intensas, como puentes de hidrógeno o interacciones iónicas.

Objetivos

- Ejecutar y comprender el proceso de sublimación como una técnica de purificación.
- Comparar la sublimación de 1,4-diclorobenceno mediante dos montajes diferentes.

Materiales y reactivos

Materiales	Reactivos
1 Vaso de precipitados	1 Pastilla desodorante de baño que contenga 1,4-diclorobenceno
1 Vidrio de reloj	
1 Dedo frío	
1 Bomba de vacío	
1 Placa de calentamiento	
1 Hoja de papel aluminio	

Procedimiento

Montaje 1. Sublimación en vaso de precipitados

Paso 1

Colocar aproximadamente 2 cm³ de pastilla desodorante en un vaso de precipitados y cubrir con un vidrio de reloj.

Figura 3.1

Para evitar fugas fuga de vapores de 1,4-diclorobenceno, puede tapar sobre el vidrio de reloj con papel aluminio.



Paso 2

Colocar hielos sobre el vidrio de reloj y calentar la muestra a 50 °C.

Figura 3.2

Montaje de sublimación en vaso de precipitados.



Importante: Para evitar que la pastilla se funda, el calentamiento no deberá exceder la temperatura de 50 °C.



Paso 3

Cuando la superficie del vidrio de reloj esté completamente cubierta de cristales y estos comiencen a caer al fondo del vaso de precipitados, se deberá detener el calentamiento.

Paso 4

Una vez que el vaso de precipitados se encuentre a temperatura ambiente, destapar y comparar con el resultado obtenido mediante el montaje 2.

Montaje 2. Sublimación con dedo frío

Figura 3.3

Asegúrese de que la parte superior del dedo frío embona bien con la inferior para evitar vapores de 1,4-diclorobenceno.

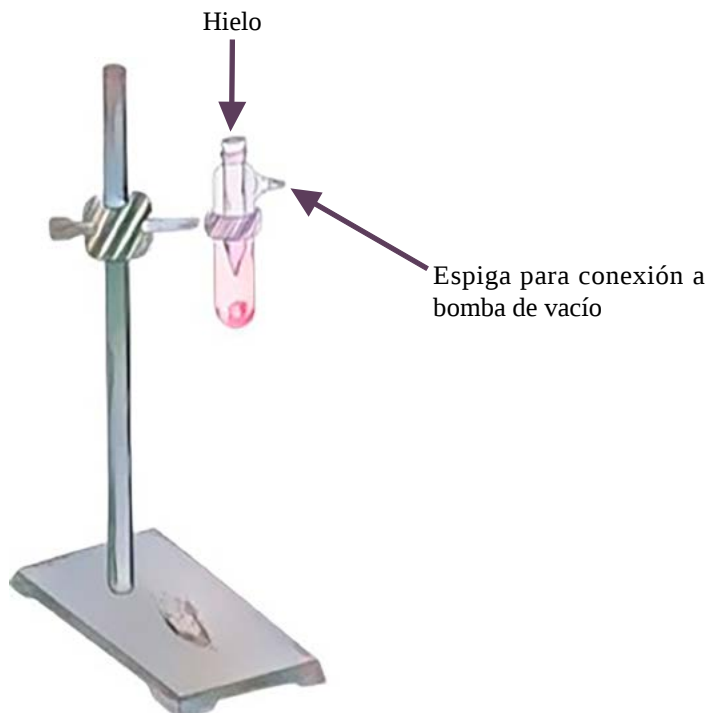


Paso 2

Colocar el hielo y conectar el dedo frío a la bomba de vacío. Enseguida, encender la bomba de vacío y esperar a la formación de cristales.

Figura 3.4

Montaje para sublimación con dedo frío.



Paso 3

Cuando la superficie del dedo frío esté completamente cubierta de cristales y estos sean lo suficientemente grandes, apagar la bomba de vacío.

Paso 4

Destapar el dedo frío y comparar el resultado obtenido mediante el montaje 1.

Cuestionario

1. ¿Qué características fisicoquímicas tienen las sustancias que son capaces de sublimar?
2. Escriba tres ejemplos de compuestos orgánicos que pueden ser purificados mediante sublimación.
3. ¿Qué ventajas tiene la sublimación sobre otros métodos de purificación como la recristalización en términos de sostenibilidad ambiental?
4. Todos los sólidos pueden purificarse mediante sublimación, ¿verdadero o falso?
5. ¿Cuál de los siguientes compuestos es más probable que sublime? Explique su respuesta.
 - a. Cloruro de sodio
 - b. Acetanilida
 - c. Yodo
 - d. Glucosa

El alquimista del azufre

Alejandría, siglo III d.C, entre papiros y crisoles, Zósimo de Panópolis, uno de los alquimistas más influyentes del mundo antiguo, anotaba sus experimentos en griego y en símbolos crípticos. Buscaba la transformación de la materia, la purificación del alma y del metal. Pero, sobre todo, quería comprender cómo los elementos podían cambiar de estado sin perder su esencia. Un día, mientras calentaba lentamente un polvo amarillento en un recipiente cerrado con un tubo de escape curvo, notó algo fascinante: el sólido se evaporaba sin pasar por el estado líquido y se condensaba en forma de cristales brillantes en la parte más fría del aparato. Era azufre. Zósimo lo describió como un proceso “espiritual”: el cuerpo impuro se elevaba en vapor, se libraba de sus cargas, y regresaba a su forma sólida, ahora más puro. Sin saberlo, había utilizado la sublimación como un método de purificación. Siglos después, ya en la era moderna, los químicos reconocerían ese proceso como una técnica fundamental en el laboratorio para purificar sólidos como el alcanfor, el yodo, el naftaleno y, sí, también el azufre. Hoy, cuando en un laboratorio se coloca un cristal impuro sobre una cápsula de porcelana, se calienta suavemente y se recogen

los vapores purificados en una superficie fría, se está repitiendo lo que Zósimo descubrió: que a veces, para purificar algo, basta con dejar que se eleve, cambie, y vuelva a condensarse como una versión más clara de sí mismo.

OpenAI. (2025, junio). ChatGPT (versión GPT-4o) [Herramienta de inteligencia artificial]. <https://chat.openai.com>.

04

Práctica

Destilación simple y fraccionada

Introducción

La destilación es una técnica fundamental tanto a nivel de laboratorio como industrial, utilizada para separar componentes de una mezcla líquida basada en las diferencias de sus puntos de ebullición. Este método físico no implica transformación química, sino un cambio de fase: el líquido se calienta hasta que uno o más componentes se evaporan, y luego estos vapores se enfrían y se condensan para recuperar el líquido purificado.

La destilación se emplea ampliamente en la purificación de solventes, el aislamiento de productos de síntesis orgánica, el análisis de mezclas y en procesos industriales como la refinación del petróleo y la producción de bebidas alcohólicas.

Existen diversas variantes del proceso, siendo las más comunes la destilación simple y la destilación fraccionada. La destilación simple se utiliza cuando los componentes de la mezcla tienen diferencias de punto de ebullición significativas, generalmente mayores a 50 °C. En este caso, al calentar la mezcla, el componente más volátil se evapora primero, se dirige por un tubo refrigerante (condensador) y se recoge como destilado. Sin embargo, si la diferencia entre los puntos de ebullición es pequeña o si los componentes tienen volatilidades similares, este método resulta ineficaz para lograr una buena separación.

Para estos casos se emplea la destilación fraccionada, que incluye una columna de fraccionamiento entre el matraz de destilación y el condensador. La columna de fraccionamiento permite que ocurran etapas de evaporación-condensación sucesivas y logra una mejor separación de los componentes con puntos de ebullición cercanos.

Un parámetro físico estrechamente relacionado con la pureza y caracterización de los compuestos líquidos es el índice de refracción (n). Este valor describe cómo se desvía un rayo de luz al atravesar una sustancia y se define como el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio en cuestión.

El índice de refracción depende de la composición química, la longitud de onda de la luz utilizada y la temperatura del sistema. En el ámbito químico, se utiliza ampliamente como criterio de identidad y pureza de líquidos, ya que pequeñas variaciones en su valor pueden indicar la presencia de impurezas o composiciones distintas. Además, el índice de refracción puede correlacionarse con la densidad electrónica de la molécula, lo cual proporciona información útil para el análisis estructural y para el control de calidad de productos químicos, farmacéuticos y petroquímicos.

En conjunto, a través de técnicas de destilación es posible separar y purificar compuestos, mientras que el índice de refracción permite evaluar su pureza e identidad.

Objetivos

- Ensamblar y ajustar correctamente el equipo necesario para realizar destilaciones simples y fraccionadas, lo que garantiza condiciones óptimas de operación.
- Separar los componentes de una mezcla homogénea mediante destilación simple y destilación fraccionada.
- Usar el índice de refracción para determinar la composición de las fracciones destiladas.

Materiales y reactivos

Materiales		Reactivos	
1	Parilla termo-agitadora	50 mL	Bebida alcohólica no espumosa
1	Termómetro	25 mL	Diclorometano
1	Barra de agitación magnética	25 mL	Tolueno
1	Baño de aceite o arena		
1	Kit de destilación fraccionada		
1	Kit de destilación simple		
1	Refractómetro Abbe		

Procedimiento

Experimento 1. Destilación fraccionada: Separación de etanol y agua a partir de una bebida alcohólica.

Paso 1

Medir el índice de refracción de la bebida alcohólica a destilar.

Mediante una curva de calibración (índice de refracción vs. % de etanol), por interpolación, determinar el porcentaje de etanol en la bebida alcohólica para conocer la cantidad de alcohol que se espera destilar.

¿Cómo medir el índice de refracción?



Levantar el prisma superior (Figura 4.2)

- Limpiar tanto el prisma superior como el inferior con etanol.
- Colocar de 2 a 3 gotas de la muestra en el prisma inferior.
- Cerrar el prisma superior y asegurar con la perilla.
- Observar por el lente ocular y ajustar el ocular para ver nítidamente la escala.
- Girar la perilla de corrección de dispersión hasta observar bien la división de claro-oscuro.
- Girar el tornillo hasta alinear el centro de la X entre la división de las regiones clara y oscura (Figura 4.1).
- La lectura se realiza en la línea de demarcación entre la región clara y la oscura.
- Limpiar los prismas después de la medición.

Figura 4.1

Ajuste de la división de regiones clara y oscura.

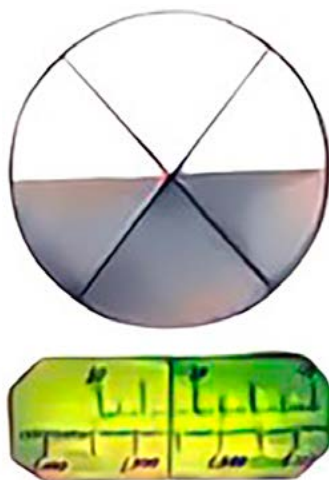
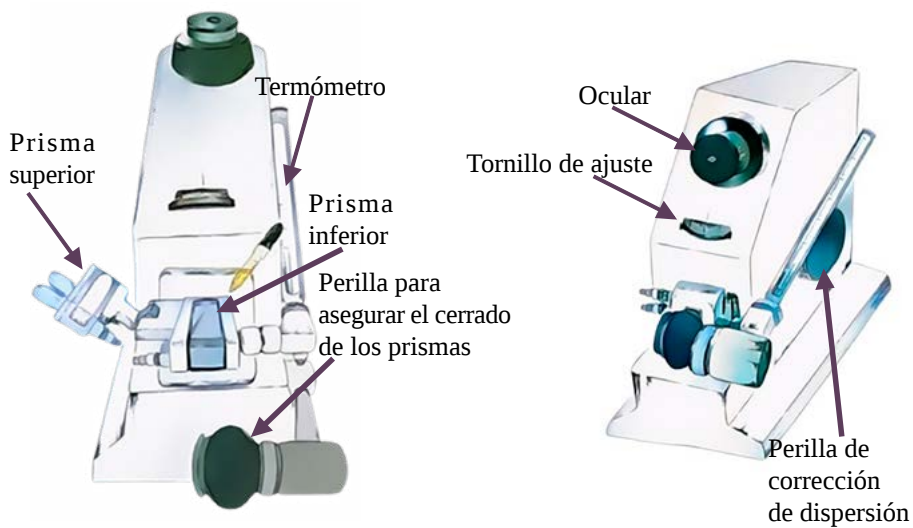


Figura 4.2

Partes de un refractómetro.



Paso 2

Agregar 50 mL de la bebida alcohólica en el matraz de destilación, junto con la barra de agitación magnética.



Nota: En un experimento, siempre es importante elegir el tamaño del material en función de la cantidad de muestra. No olvide que los matraces no deberán llenarse más allá de $\frac{3}{4}$ de su capacidad.

Figura 4.3

Llenado máximo de un matraz.

**Paso 3**

Armar un equipo de destilación fraccionada (Figura 4.4).



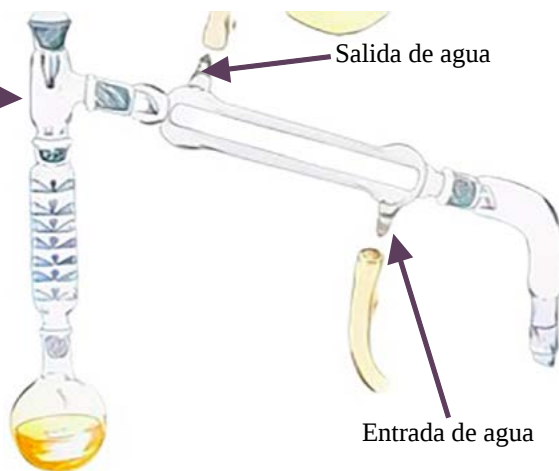
¿Cómo se arma un equipo de destilación fraccionada?

- Primero, sujetar con unas pinzas el cuello del matraz bola.
- Ajustar el matraz a la altura adecuada al considerar que sobre la parrilla se colocará un baño de aceite o arena, en el cual se introducirá el matraz.
- Sobre el matraz bola, colocar la columna de fraccionamiento.
- Para unir la columna de fraccionamiento con el refrigerante, utilizar el conector T de destilación.
- En la entrada superior del conector T, colocar el termómetro.
- En la salida lateral del conector T, conectar el refrigerante.
- Asegurar al refrigerante sujetándolo con unas pinzas.

Figura 4.4

Equipo de destilación fraccionada.

El bulbo del termómetro se coloca a la altura del paso del vapor al refrigerante



Paso 4

Revisar que todas las conexiones estén bien selladas. Si es necesario, colocar cinta de teflón alrededor de cada junta.

Paso 5

Conectar las mangueras al refrigerante y encender el recirculador de agua.

Paso 6

Comenzar a calentar.

Paso 7

Cuando la destilación comience, coleccionar el destilado en tubos de ensayo de 10 mL. Cada vez que se observe un incremento de temperatura, se deberá coleccionar el destilado en un tubo de ensayo diferente.

Paso 8

Cuando queden aproximadamente 3 mL en el matraz, detener la destilación.

Paso 9

Medir el índice de refracción de cada fracción coleccionada y correlacionarlo con el porcentaje de etanol mediante una curva de calibración.

Paso 10

Analizar los datos obtenidos. Se sugiere ordenarlos en una tabla que contenga la siguiente información:

Muestra	Temperatura	ml coleccionados	Índice de refracción	% De etanol
1				
2				

Experimento 2. Destilación simple: Separación de una mezcla de diclorometano y tolueno.**Paso 1**

Agregar 50 mL de la mezcla de diclorometano y tolueno en el matraz de destilación, junto con la barra de agitación magnética.

Paso 2

Armar un equipo de destilación simple (Figura 4.5)

Paso 3

Revisar que todas las conexiones estén bien selladas. Si es necesario, colocar cinta de teflón alrededor de cada junta.

Paso 4

Conectar las mangueras al refrigerante y encender el recirculador de agua.

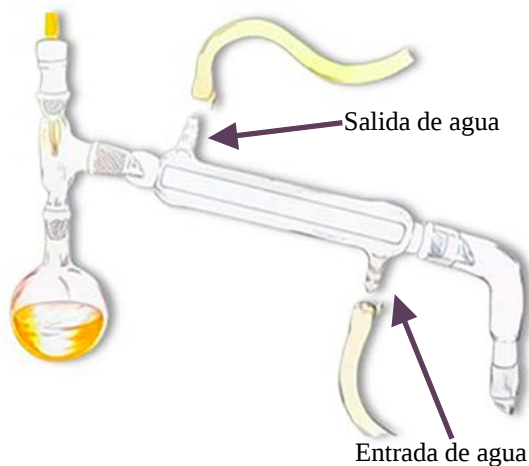


¿Cómo se arma un equipo de destilación simple?

- Primero, sujetar con unas pinzas el cuello del matraz bola.
- Ajustar el matraz a la altura adecuada, considerando que sobre la parrilla se colocará un baño de aceite o arena, en el cual se introducirá el matraz.
- Colocar el conector T de destilación.
- En la entrada superior del conector T, colocar el termómetro.
- En la salida lateral del conector T, conectar el refrigerante.
- Asegurar al refrigerante sujetándolo con unas pinzas.

Figura 4.5

Equipo de destilación simple.



**Recuerda:**

- Colocar correctamente las mangueras de la entrada y salida del refrigerante.
- No exceder el límite de la capacidad del matraz de destilación.
- Colocar el termómetro en la posición correcta.
- Colocar el matraz colector a una distancia adecuada (Figura 4.6).
- El uso de la alargadera es opcional.

Figura 4.6

Distancia adecuada para coleccionar el destilado a) sin alargadera y b) con alargadera.

a)



b)

**Paso 5**

Comenzar a calentar.

Paso 6

Cuando la destilación comience, coleccionar el destilado en tubos de ensayo de 10 mL. Cada vez que observe un incremento de temperatura, se deberá coleccionar el destilado en un tubo de ensayo diferente.

Paso 7

Cuando queden aproximadamente 3 mL en el matraz, detener la destilación.

Paso 8

Medir el índice de refracción de cada fracción coleccionada y correlacionarlo con el porcentaje de diclorometano o tolueno mediante una curva de calibración.

Cuestionario

1. ¿Qué criterio se usa para decidir cuándo utilizar una destilación simple y cuándo una destilación fraccionada?
2. En una destilación, el componente menos volátil se recoge siempre en las primeras fracciones del destilado, ¿verdadero o falso?
3. ¿Cuál de las siguientes condiciones requiere el uso de una columna de fraccionamiento?
 - a. Punto de ebullición de los componentes a más de 50 °C
 - b. Mezclas azeotrópicas
 - c. Diferencia de punto de ebullición mayor a 70 °C
 - d. Diferencia de punto de ebullición menor a 25 °C

La torre que dividió el mundo

Pensilvania, Estados Unidos – 1859. Cuando Edwin L. Drake perforó el primer pozo comercial de petróleo, el mundo aún no entendía del todo el valor de aquel líquido oscuro y maloliente que brotaba del subsuelo. En un inicio, se usaba para lámparas, sustituyendo al costoso aceite de ballena. Pero el verdadero cambio vino de la mano de un proceso que la ciencia orgánica ya conocía: la destilación fraccionada. Un joven químico llamado Abraham Gesner, canadiense, ya había logrado, unos años antes, obtener queroseno a partir de carbón, aislándolo mediante destilación. Su conocimiento fue adaptado al petróleo crudo cuando se descubrió que, al calentarlo gradualmente en una torre con bandejas, sus componentes podían separarse según su punto de ebullición. Así nació la columna de fraccionamiento en la industria petrolera: una torre capaz de dividir el crudo en fracciones útiles como gasolina, diésel, queroseno, aceites lubricantes y alquitrán. Esta técnica, esencialmente una destilación múltiple a gran escala, transformó al petróleo en la materia prima más versátil del siglo XX. Durante las guerras mundiales, la demanda de combustibles y lubricantes hizo que las torres de destilación se multiplicaran en refinerías de todo el mundo. En el siglo XXI, los principios básicos siguen siendo los mismos, aunque ahora automatizados, optimizados y combinados con técnicas como el craqueo catalítico y la destilación al vacío para fracciones más pesadas.

OpenAI. (2025, junio). ChatGPT (versión GPT-4o) [Herramienta de inteligencia artificial]. <https://chat.openai.com>.

05

Práctica

Destilación por arrastre con vapor

Introducción

La destilación por arrastre con vapor es una técnica especializada de separación que se utiliza para aislar compuestos orgánicos volátiles que son insolubles o parcialmente solubles en agua y que poseen puntos de ebullición relativamente altos. Este método aprovecha el principio físico de que una mezcla de sustancias inmiscibles, como agua y un compuesto orgánico, ebulle a una temperatura inferior a la de cada uno de sus componentes puros.

Al incorporar vapor de agua al sistema, se facilita la evaporación del compuesto de interés a temperaturas más bajas, lo que es especialmente útil para sustancias sensibles al calor o susceptibles de descomponerse al calentarse directamente a su punto de ebullición.

Entre las características principales de esta técnica se encuentran:

1. El uso de vapor de agua como agente de arrastre para transportar los compuestos volátiles hasta un condensador.
2. La reducción del riesgo de degradación térmica del producto deseado.
3. La capacidad de separar sustancias que no podrían purificarse fácilmente mediante destilación simple o fraccionada.

El aparato utilizado incluye un matraz que contiene agua, a partir del cual se genera vapor, seguido de un matraz que contiene la mezcla orgánica y un condensador para recolectar el destilado.

Las aplicaciones de la destilación por arrastre con vapor son diversas en los campos de la química orgánica, farmacéutica, alimentaria y de productos naturales. Se emplea ampliamente para extraer aceites esenciales de plantas, como los de lavanda, menta o eucalipto, sin modificar su composición química. Su eficiencia y suavidad la convierten en una técnica preferida cuando se requiere preservar la integridad de compuestos termolábiles.

Objetivos

- Comprender el principio de destilación por arrastre con vapor.
- Aislar el aceite esencial de un producto natural utilizando la destilación por arrastre con vapor.

Materiales y reactivos

Materiales		Reactivos	
1	Matraz bola de 250 mL	100 g	Muestra vegetal (canela, lavanda, menta, eucalipto, etcétera.)
1	Columna de 10 cm		
1	Conector T		
1	Condensador		
1	Termómetro		
1	Agitador magnético o perlas de ebullición		
1	1 parrilla termoagitadora o mechero		

Procedimiento

Paso 1

Colocar una bola de estropajo dentro de la columna para evitar que la muestra caiga en el matraz bola.

Figura 5.1

Sellado la columna porta muestra.



Paso 2

Introducir la muestra en pequeños trozos dentro de la columna.

Figura 5.2

Llenado de la columna porta muestra.



Paso 3

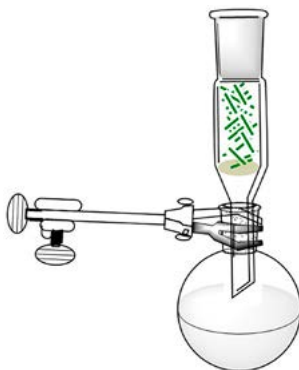
Llenar el matraz bola con agua (volumen máximo $\frac{3}{4}$ de su capacidad) e introducir una barra de agitación magnética o perlas de ebullición.

Paso 4

Sujetar el matraz bola con unas pinzas y ensamblar la columna que contiene la muestra.

Figura 5.3

Sujetado de matraz bola.

**Paso 5**

Colocar el conector T. En la parte superior del conector situar el termómetro y en la parte lateral el refrigerante. Sujetar el refrigerante con unas pinzas.

Paso 6

Conectar las mangueras al refrigerante.

Figura 5.4

Montaje destilación por arrastre con vapor.



Importante: Si lo desea, puede colocar primero los 1.5 g de acetanilida en el matraz Erlenmeyer y después agregar el agua. Enseguida, calentar hasta el punto de ebullición del agua y agitar hasta disolver.



Paso 7

Comenzar el calentamiento hasta punto de ebullición del agua.

Paso 8

Colectar el destilado en un matraz Erlenmeyer.



Nota: Si se utiliza mechero para calentar, entonces se deberán colocar perlas de ebullición en el matraz generador de vapor.

Si se utiliza una placa termoagitadora, entonces se deberá colocar en el matraz generador de vapor una barra de agitación magnética y, como medio de calentamiento, un baño de aceite o de arena.

Paso 9

Suspender el calentamiento cuando en el matraz de generación de vapor queden aproximadamente 10 ml.

Cuestionario

1. ¿Por qué es preferible utilizar vapor en lugar de calor directo para extraer aceites esenciales de plantas?
2. La destilación por arrastre con vapor permite aislar compuestos volátiles a temperaturas más altas que sus puntos de ebullición individuales, ¿verdadero o falso?
3. ¿Para qué tipo de compuestos es más adecuada la destilación por arrastre con vapor?
 - a) Compuestos iónicos
 - b) Compuestos solubles en agua
 - c) Compuestos orgánicos volátiles e insolubles en agua
 - d) Compuestos metálicos

El laboratorio de Grasse

A mediados del siglo XIX, en la ciudad de Grasse, al sur de Francia, se consolidó uno de los centros mundiales de la perfumería. Aunque ya desde el siglo XVIII se conocía la ciudad por su industria de cuero perfumado, fue con el auge de la química moderna que Grasse se transformó en un referente internacional gracias al perfeccionamiento de técnicas como la destilación por arrastre con vapor para obtener aceites esenciales naturales. Uno de los personajes clave en esta evolución fue Léon Chiris, químico e industrial que en 1850 fundó una de las primeras fábricas modernas de destilación de esencias. Chiris introdujo equipos a gran escala que combinaban la tradición artesanal con principios científicos emergentes, utilizando vapor para extraer compuestos volátiles de flores como el jazmín, la rosa centifolia y la lavanda, sin descomponerlos por calor excesivo. Esta técnica fue revolucionaria porque permitió la extracción de aceites esenciales con alta pureza, conservando sus propiedades sensoriales intactas, sentando las bases para su producción a nivel industrial. Ya en el siglo XX, con el desarrollo de la cromatografía y la espectroscopía, se comenzó a analizar la composición química de estos extractos. A partir de ello, científicos como René-Maurice Gattefossé, considerado el padre de la aromaterapia moderna, promovieron el uso de aceites esenciales purificados por destilación para aplicaciones terapéuticas. Su famoso accidente en 1910, en el que trató una quemadura con aceite de lavanda destilado y observó una curación rápida, impulsó estudios clínicos sobre los efectos de estos compuestos. Hoy en día, la destilación por arrastre con vapor sigue siendo una técnica clave no solo en perfumería y aromaterapia, sino también en la industria farmacéutica y alimentaria, empleándose para obtener compuestos orgánicos naturales sin recurrir a disolventes tóxicos. OpenAI. (2025, junio). ChatGPT (versión GPT-4o) [Herramienta de inteligencia artificial]. <https://chat.openai.com>.

06

Práctica

Cromatografía en capa fina

Introducción

La cromatografía en capa fina (CCF) es una técnica analítica ampliamente utilizada en el laboratorio químico para la identificación, separación y monitoreo de compuestos en mezclas complejas. Esta técnica es un tipo de cromatografía de adsorción que se basa en la migración diferencial de los componentes de una muestra sobre una fase estacionaria sólida, generalmente una lámina de vidrio, plástico o aluminio recubierta con un adsorbente fino como sílica gel (SiO_2) o alúmina (Al_2O_3). La fase móvil, que puede ser una mezcla de disolventes orgánicos, asciende por capilaridad arrastrando los compuestos presentes en la muestra, los cuales migran a diferentes velocidades dependiendo de sus interacciones con ambas fases.

En sistemas con fases estacionarias polares, como el gel de sílice o la alúmina, predominan interacciones de tipo dipolo-dipolo, enlaces por puente de hidrógeno y fuerzas de Van der Waals. Los compuestos más polares tienden a interactuar con mayor fuerza con la fase estacionaria, lo que disminuye su movilidad y hace que se desplacen menos sobre la placa. Por el contrario, los compuestos menos polares presentan menor afinidad con la fase estacionaria y migran más rápidamente con la fase móvil. Esta diferencia en afinidades permite separar eficazmente los componentes de la mezcla y estimar su polaridad relativa.

La CCF proporciona información cualitativa muy valiosa. Por ejemplo, permite comparar la posición de los compuestos mediante el cálculo del R_f (factor de retención), que es la relación entre la distancia recorrida por el compuesto y la distancia recorrida por el solvente. Esta técnica también se utiliza para verificar la pureza de un compuesto, monitorear el progreso de una reacción química y comparar muestras problema con estándares conocidos.

Para visualizar los compuestos separados, se emplean distintos reveladores, ya que muchos de ellos son incoloros. Los métodos de revelado

más comunes incluyen el uso de lámparas de luz ultravioleta (UV), en especial cuando los compuestos contienen sistemas aromáticos o insaturados que absorben en esa región del espectro. También se aplican reveladores químicos como el ácido sulfúrico al 10 % en metanol, el reactivo de Dragendorff para alcaloides o el reactivo de anisaldehído para compuestos orgánicos funcionalizados, los cuales reaccionan con los analitos generando manchas visibles.

En conjunto, la cromatografía en capa fina es una técnica sencilla, rápida y económica que juega un papel crucial en la caracterización y el análisis de sustancias orgánicas. Esta es una herramienta esencial en la formación del químico profesional.

Objetivos

- Usar cromatografía en capa fina para identificar y evaluar la pureza de una sustancia.
- Evaluar la efectividad de diferentes eluyentes en la separación de compuestos.

Materiales y reactivos

Materiales		Reactivos	
4	Tubo de ensayo	3 mL	Diclorometano
1	Capilar para cromatografía	10 mL	Hexano
4	Placas cromatográficas (2 cm x 5 cm)	10 mL	Acetato de etilo
1	Servilleta o papel absorbente	3	Muestras problema
1	Vaso de precipitados de 50 mL		
1	Caja de Petri		
2	Pipetas de 10 mL		

Procedimiento

Marcado de la placa cromatográfica

Paso 1

En una placa cromatográfica de 2 x 5 cm, marcar con lápiz una línea de referencia dejando un margen inferior de 4 mm y un margen superior de 4 mm.

Figura 6.1

Marcado de las líneas de referencia en la placa cromatográfica.



Paso 2

Sobre la línea de referencia, señalar con puntos equidistantes el lugar de aplicación para 3 muestras.

Figura 6.2

Marcado de los puntos de aplicación de la muestra.

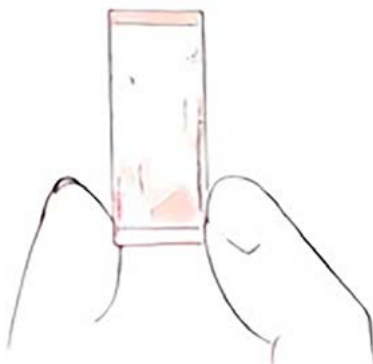




Nota: Para evitar contaminar la superficie de la placa cromatográfica, sugétela con los dedos por el canto en todo momento.

Figura 6.3

Manejo adecuado de las placas cromatográficas.



Paso 3

En un tubo de ensayo, disolver cada una de las muestras problema en 1 mL de diclorometano.

Figura 6.4

Disolución de las muestras problema.



Paso 4

Sumergir el capilar en la disolución dentro del tubo de ensayo.

Figura 6.5

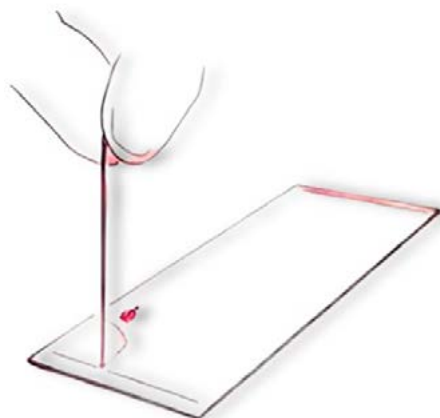
Muestreo de las sustancias problema.

**Paso 5**

Sacar el capilar y aplicar la muestra sobre la placa cromatográfica en el punto de aplicación que le corresponda.

Figura 6.5

Aplicación de la muestra sobre la placa cromatográfica



Paso 6

Limpiar el capilar: Si después de la aplicación en la placa cromatográfica aún queda líquido en el capilar, dejar que este se absorba sobre una servilleta, algodón o cualquier tipo de papel absorbente. Enseguida, sumerge el capilar en un tubo de ensayo que contenga diclorometano, saca el capilar y deja que el diclorometano se absorba en la servilleta o algodón. Repetir este proceso de limpieza dos veces más antes de aplicar la siguiente muestra.

Paso 7

Repetir el paso 4, 5 y 6 para cada una de las muestras.

Importante: No olvide limpiar el capilar después de cada aplicación, para evitar que las muestras se contaminen unas con otras.

**Paso 8**

Colocar el disolvente o mezcla de disolventes a utilizar como eluyente dentro de la cámara de elución. Seguir el orden que se muestra en la tabla.

Sistemas de elución a utilizar

- 1 Hexano
- 2 Hexano-Acetato de Etilo (80:20)
- 3 Hexano-Acetato de Etilo (50:50)
- 4 Acetato de Etilo

Paso 9

Introducir la placa cromatográfica dentro de la cámara de elución y dejar eluir el disolvente hasta la línea de referencia superior.

Figura 6.7*Cámara cromatográfica.*

Se sugiere utilizar una pinza para introducir (o sacar) la placa dentro de la cámara cromatográfica.

Figura 6.8*Uso de pinzas para introducción de la muestra en la cámara cromatográfica.*



Nota: Al momento de introducir la placa en la cámara de elución, asegúrese de que la línea de aplicación de la muestra no quede sumergida en el disolvente.

Paso 10

Retirar la placa cromatográfica y dejar secar; esto tomará aproximadamente 15 segundos.

Paso 11

Una vez seca la placa, llevar la lámina a revelar a la lámpara de UV. Enseguida, utilizar la cámara de yodo para revelar.

Figura 6.9

Revelado de la cromatoplaaca mediante luz UV y yodo.

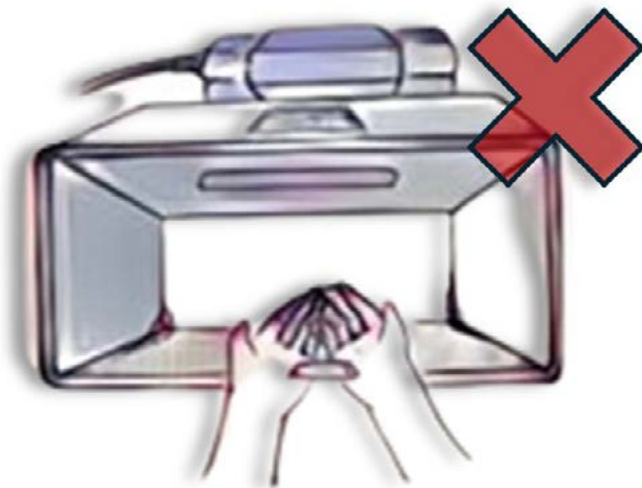


¡Cuidado! Mientras la cámara de luz ultravioleta esté encendida, no exponga sus manos a la luz.



Figura 6.10

Evitar meter las manos a la cámara de luz UV encendida.



Paso 12

Analizar:

- La relación existente entre la intensidad y tamaño de las manchas con la concentración de la sustancia aplicada en cada caso.
- Determinar para cada muestra cuál fue el eluyente más adecuado.
- Determinar si las muestras analizadas son sustancias puras o mezclas.
- Determinar cuál de las sustancias problema analizadas es la más y la menos polar.
- Calcular el factor de retención (R_f) para alguna de las sustancias observadas.

Cuestionario

1. ¿Cómo podrías utilizar el valor de R_f para comparar la polaridad de dos sustancias desconocidas?
2. En la CCF, los compuestos menos polares interactúan más fuertemente con el gel de sílice, ¿verdadero o falso?
3. Explique cómo influyen la polaridad de los compuestos y la polaridad del disolvente en el resultado de una cromatografía en capa fina. ¿Qué

efecto tendría utilizar un eluyente más polar sobre el valor de R_f de un compuesto polar?

4. ¿Cuál de las siguientes opciones es una aplicación de la CCF?
- Identificación y monitoreo de compuestos.
- a. Purificación a gran escala.
 - b. Aumento de temperatura de ebullición.
 - c. Cristalización rápida.

Colores que revelan secretos: la cromatografía de Izmailov y Shraiber

En la década de 1930, en plena Unión Soviética, dos científicos del Instituto Médico de Farmacología en Moscú, Nikolai Izmailov y Mikhail Shraiber, buscaban un método más rápido y eficiente para analizar mezclas de compuestos orgánicos presentes en plantas medicinales. En aquella época, los métodos de separación eran lentos y requerían grandes volúmenes de disolventes. Ellos querían algo simple, rápido y eficaz, que pudiera aplicarse en laboratorios sin equipamiento complejo. En 1938, durante un experimento con extractos vegetales, Izmailov propuso colocar una gota del extracto sobre una placa de vidrio cubierta con una delgada capa de óxido de aluminio. Luego añadieron unas gotas de disolvente, observando cómo los componentes de la mezcla se separaban en diferentes bandas de color a medida que el disolvente ascendía por la capa. Sin saberlo, habían creado la técnica de la cromatografía en capa fina (TLC, por sus siglas en inglés), una versión más accesible y versátil de la cromatografía. A pesar de que su descubrimiento fue publicado en ruso y no fue ampliamente conocido en Occidente hasta años después, sentó las bases para una herramienta analítica que transformaría la química orgánica y sus aplicaciones. Décadas más tarde, en los años 60 y 70, la TLC se popularizó en Europa y América, perfeccionándose con materiales como el gel de sílice y el uso de reveladores UV. Se convirtió en una herramienta básica para el análisis rápido de mezclas, identificación de compuestos, control de calidad y seguimiento de reacciones químicas.

OpenAI. (2025, junio). ChatGPT (versión GPT-4o) [Herramienta de inteligencia artificial]. <https://chat.openai.com>.

07

Práctica

Extracción simple

Introducción

La extracción es una técnica de separación física utilizada en química para aislar o purificar compuestos a partir de mezclas complejas, mediante su transferencia desde una fase a otra. Este proceso se basa en la diferencia de solubilidad de los componentes entre dos fases inmiscibles, comúnmente una fase acuosa y una fase orgánica. Existen distintos tipos de extracción, siendo las más comunes la extracción sólido-líquido, en la cual un disolvente extrae sustancias solubles desde una matriz sólida, y la extracción líquido-líquido, donde un soluto se distribuye entre dos líquidos inmiscibles en equilibrio.

La extracción simple se realiza en una sola etapa y es útil cuando el soluto tiene alta afinidad por el disolvente y la eficiencia de separación es suficiente con un único paso. En cambio, la extracción continua se emplea cuando se requiere mejorar la recuperación del soluto mediante contacto prolongado o repetido entre fases, lo que permite una separación más completa, especialmente útil para solutos con coeficientes de reparto bajos o cuando se trata de grandes volúmenes de mezcla.

El éxito de cualquier extracción depende en gran medida de las características del disolvente de extracción. Un buen disolvente debe ser inmiscible con la otra fase, tener alta selectividad por el soluto de interés, baja toxicidad, estabilidad química, facilidad de recuperación (por evaporación o destilación) y una densidad adecuada que facilite su separación. La elección del disolvente también debe considerar la polaridad del compuesto a extraer, para maximizar su solubilidad en la fase seleccionada.

Un parámetro crucial en este proceso es el coeficiente de reparto (K), que expresa la relación entre las concentraciones del soluto en cada una de las dos fases en equilibrio. Este valor proporciona información cuantitativa sobre la eficacia del sistema de extracción y permite calcular cuántas etapas serán necesarias para recuperar un porcentaje determinado del soluto. En síntesis, la extracción representa una herramienta versá-

til, económica y fundamental en el laboratorio de química, utilizada en análisis, síntesis y purificación de compuestos orgánicos e inorgánicos.

Experimento 1. Miscibilidad y solubilidad

Objetivo

Evaluar la miscibilidad de diferentes disolventes utilizados en la práctica y comprender cómo esta propiedad afecta el proceso de extracción.

Materiales y reactivos

Materiales		Reactivos	
5	Tubo de ensaye	1 mL	Hexano
5	Jeringas de 1 mL	1 mL	Diclorometano
1	Espátula	1 mL	Acetato de Etilo
		1 mL	Etanol
		1 mL	Agua
		1 mL	Tetrahidrofurano
		0.1 g	Colorante artificial o sintético
		0.3 mL	Aceite vegetal o aceite mineral
		0.1 g	Cloruro de sodio

Procedimiento

Paso 1

Colocar en 5 tubos de ensayo los siguientes disolventes:

- Tubo 1. Hexano (1 mL) - Agua (1 mL)
- Tubo 2. Diclorometano (1 mL) - Agua (1 mL)
- Tubo 3. THF (1 mL) - Agua (1 mL)
- Tubo 4. THF (1 mL) - Acetato de etilo (1 mL)

- Tubo 5. Etanol (1 mL) - Agua (1 mL)

Figura 7.1

Gradilla con tubos de ensaye para pruebas de miscibilidad



Paso 2

Observar y analizar para cada tubo:

- ¿Son disolventes miscibles? ¿Por qué son o no son miscibles?
- Si son inmiscibles, indicar a qué corresponde cada fase.

Paso 3

En el tubo 1, colocar una gota de aceite y agitar. Analizar: ¿En qué fase queda el aceite? ¿Por qué?

Paso 4

En el tubo 2, colocar una gota de colorante. Analizar: ¿En qué fase queda el colorante? ¿Por qué?

Paso 5

En el tubo 3, colocar un poco de NaCl. Analizar: ¿Se solubiliza el NaCl? ¿Por qué?

Paso 6

En el tubo 4, colocar un poco de NaCl. Analizar: ¿Se solubiliza el NaCl?

¿Por qué?

Experimento 2. Extracción líquido-líquido

Objetivos

- Separar los componentes de una mezcla mediante una extracción líquido-líquido.
- Analizar la distribución de los componentes de la mezcla en cada fase mediante cromatografía en capa fina.

Materiales y reactivos

Materiales		Reactivos	
1	Vaso de precipitados de 250 mL	0.5 g	Benzoato de Sodio
1	Embudo de separación de 125 o 250 ml	0.5 g	Acetanilida
1	Embudo de vidrio	10 mL	Tetrahidrofurano
1	Probeta graduada 50 mL	15 mL	Acetato de Etilo
2	Matraz Erlenmeyer de 50 mL	15 mL	Agua
1	Placa cromatográfica y capilar	2 g	Sulfato de Sodio
1	Cámara de elución		
1	Lámpara UV		

Procedimiento

Paso 1

Mezclar 0.5 g de benzoato de sodio, 0.5 g de acetanilida y 10 mL de THF en un vaso de precipitados de 250 mL.

Paso 2

Usar 15 mL de acetato de etilo y 15 mL de agua. Agregar el acetato de

etilo y el agua en el vaso de precipitados junto con la mezcla.

Paso 3

Verter el contenido del vaso de precipitados en el embudo de separación.

Importante: Asegurarse de mantener la llave del embudo cerrada cuando se vierta la mezcla heterogénea en él.



Figura 7.2

Llenado del embudo de separación.

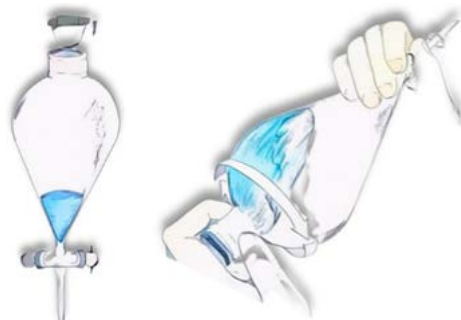


Paso 4

Tapar el embudo y agitar para extraer.

Figura 7.3

Agitación del embudo de separación.



Para realizar la extracción considerar lo siguiente:

Con una mano, sujetar la tapa de embudo.

Con la otra mano sujetar el otro extremo del embudo, colocándola siempre en una posición cómoda para poder abrir y cerrar la llave en cualquier momento.

Mantenga el embudo en una posición inclinada con la salida en dirección diagonal (Figura 7.4).

Liberar la presión del embudo antes de comenzar la agitación, evitando que los vapores se dirijan hacia la cara de las personas. Comenzar la agitación haciendo movimientos circulares y liberando la presión frecuentemente.

Continuar la agitación hasta no escuchar la salida de vapores al liberar presión.

Figura 7.4

Forma correcta de sujetar el embudo de separación.



Paso 5

Terminada la agitación para la extracción, colocar el embudo en el aro metálico y destaparlo. Una vez que se hayan separado las dos fases, abrir la llave y recuperar cada fase por separado en un recipiente previamente etiquetado.

Figura 7.5

Separación de fases.



Paso 6

Secar la fase orgánica con sulfato de sodio anhidro (Na_2SO_4).

Paso 7

Analizar cada fase mediante cromatografía en capa fina.

Paso 8

Analizar:

- ¿El tetrahidrofurano (THF) es miscible en agua (H_2O), en acetato de etilo (AcOEt) o en ambos?
- Durante la extracción se tendrán dos fases inmiscibles. Identificar cuál disolvente corresponde a la fase superior y cuál a la inferior.
- Después de la extracción, ¿en qué fase queda el benzoato de sodio y en qué fase queda la acetanilida? ¿Por qué?

Cuestionario

1. El disolvente de extracción debe ser completamente miscible con el disolvente original, ¿verdadero o falso?
2. ¿Qué propiedad debe tener un buen disolvente de extracción?
 - a. Alta viscosidad
 - b. Miscibilidad con la fase acuosa
 - c. Alta selectividad por el soluto
 - d. Alta reactividad química
3. Si después de una extracción no se recupera el compuesto deseado, ¿qué factores pueden modificarse para mejorar la eficiencia?
4. Explique el papel del coeficiente de reparto en una extracción líquido-líquido, ¿cómo influye este valor en la eficiencia del proceso?

El aceite del árbol del té

En la década de 1920, en el noreste de Australia, el botánico y químico Arthur Penfold se encontraba investigando las propiedades de plantas nativas del continente para identificar posibles aplicaciones medicinales. Entre las especies estudiadas, se interesó particularmente por el árbol del té australiano (*Melaleuca alternifolia*), cuyas hojas eran utilizadas por los aborígenes para tratar heridas, infecciones y quemaduras. Penfold recolectó muestras frescas

de hojas y, en el laboratorio del Museo Tecnológico de Sídney, llevó a cabo una serie de procedimientos para aislar y analizar los compuestos activos. Comenzó con una destilación por arrastre con vapor para obtener el aceite esencial, una mezcla compleja de compuestos orgánicos volátiles. Sin embargo, para estudiar su composición química con mayor precisión, necesitaba separar los componentes individuales. Aquí fue donde aplicó la extracción líquido-líquido: al mezclar el aceite con diferentes disolventes orgánicos inmiscibles con agua (como éter o hexano) y ajustar las condiciones de pH, pudo aislar las fracciones más activas, especialmente aquellas con alto contenido de terpinen-4-ol, el compuesto con mayor acción antimicrobiana. Esta técnica permitió no solo identificar los constituyentes principales del aceite, sino también compararlos cuantitativamente con otras especies de *Melaleuca*, sentando las bases para estandarizar el producto como antiséptico natural. Durante la Segunda Guerra Mundial, el aceite del árbol del té, purificado mediante extracción y destilación, fue incluido en los botiquines de los soldados australianos por sus propiedades antibacterianas. El trabajo de Penfold demostró que la extracción líquido-líquido no era solo una herramienta de laboratorio, sino un puente fundamental entre la naturaleza y la medicina. Hoy, el aceite del árbol del té se sigue utilizando en productos dermatológicos y cosméticos, y su análisis continúa empleando métodos derivados de aquellas primeras técnicas.

OpenAI. (2025, junio). ChatGPT (versión GPT-4o) [Herramienta de inteligencia artificial]. <https://chat.openai.com>.

08

Práctica

Extracción de ácido acetilsalicílico y su purificación mediante recristalización

Introducción

La extracción ácido-base es una técnica de separación derivada del proceso general de extracción líquido-líquido, que aprovecha las propiedades ácido-base de ciertos compuestos orgánicos para facilitar su aislamiento y purificación. Este método se basa en la conversión reversible de un compuesto orgánico ácido o básico a su forma iónica, la cual es soluble en la fase acuosa, mientras que su forma neutra es soluble en una fase orgánica inmiscible. Este cambio de solubilidad permite separar selectivamente componentes de una mezcla utilizando soluciones ácidas o básicas, según sea necesario.

Esta técnica tiene amplias aplicaciones en química orgánica e industrial. Es comúnmente utilizada para separar mezclas de ácidos, bases y compuestos neutros, para aislar productos de reacciones y en el procesamiento de productos naturales. También se aplica en laboratorios farmacéuticos para purificar principios activos, o en laboratorios de análisis químico como parte de procesos de identificación y cuantificación.

Un ejemplo clásico es la separación de una mezcla que contiene ácido benzoico (ácido), anilina (base) y naftaleno (compuesto neutro). Al tratar la mezcla con una solución acuosa de NaOH, el ácido benzoico reacciona formando benzoato sódico, una sal soluble en agua, mientras que los otros dos permanecen en la fase orgánica. Luego, el benzoato puede ser reextraído y acidificado para regenerar el ácido benzoico en su forma pura. Así, la extracción ácido-base permite fraccionar eficientemente mezclas complejas, aprovechando reacciones químicas simples y controladas, y constituye una herramienta esencial en la formación práctica del químico.

Objetivos

- Comprender el principio de una extracción ácido-base
- Extraer ácido acetil salicílico a partir de una tableta de aspirina.
- Purificar el ácido acetilsalicílico mediante recrystalización.
- Seleccionar el disolvente adecuado para realizar una recrystalización.
- Evaluar identidad y pureza del ácido acetilsalicílico extraído y purificado mediante punto de fusión y cromatografía en capa fina.

Materiales y reactivos

Materiales		Reactivos	
2	Matraz Erlenmeyer de 250 ml	4 g	Tabletas de aspirina
1	Vaso de precipitados de 100 ml	30 ml	Acetato de etilo
1	Vaso de precipitados de 250 ml	10 ml	Disolución 1 M de NaOH
1	Embudo de vástago largo	10 ml	Disolución 6 M de HCl
1	Embudo de separación de 500 ml	0.2 g	Carbón activado
1	Embudo Buchner	1 ml	Etanol
1	Matraz kitasato	1 ml	Agua
1	Soporte universal	1 ml	Hexano
1	Anillo metálico para soporte	1 ml	Acetato de Etilo
1	Balanza	1 ml	Diclorometano
1	Parilla termoagitadora		
1	Barra de agitación magnética o una varilla de agitación		
1	Baño de hielo		
2	Papel filtro		
5	Tubos de ensaye		

Primera parte. Extracción de ácido acetilsalicílico a partir de tabletas de aspirina

Procedimiento

Paso 1

Colocar 4 g de tabletas que contengan ácido acetilsalicílico previamente pulverizadas en un matraz Erlenmeyer.

Figura 8.1

Trituración de las tabletas que contienen ácido acetilsalicílico.



Paso 2

Adicionar 25 mL de acetato de etilo y agitar hasta disolver la mayor parte posible.

Figura 8.2

Extracción sólido-líquido del ácido acetilsalicílico a partir las tabletas trituradas.

**Paso 3**

Separar el sólido insoluble mediante filtración por gravedad. El sólido insoluble se deja secar y posteriormente se pesa para evaluar la composición porcentual del fármaco, por lo que se recomienda pesar el papel filtro previamente a la filtración.

Figura 8.3

Filtración por gravedad.



Paso 4

Transferir el líquido filtrado a un embudo de separación. Si quedan residuos sólidos en el matraz, este se lava con 5 mL de acetato de etilo. El acetato de etilo utilizado para el lavado también se vierte en el embudo de separación.

Figura 8.4

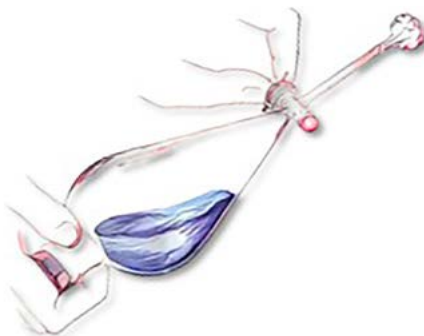
Introducción de la fase orgánica en el embudo de separación.

**Paso 5**

Adicionar al embudo de separación 5 mL de una disolución de NaOH 1 M. Tapar y agitar varias veces, al liberarla presión entre cada agitación.

Figura 8.5

Extracción y liberación de presión del embudo de separación.



Paso 6

Dejar reposar el embudo sobre un anillo para permitir que las fases se separen.

Figura 8.6

Separación de fases.

**Paso 7**

Colectar la fase acuosa se colecta en un vaso de precipitado de 100 mL y dejar la fase orgánica dentro del embudo de separación.

Figura 8.7

Recolección de fases.



Paso 8

Repetir el proceso de extracción agregando nuevamente 5 mL de disolución acuosa de NaOH 1 M a la fase orgánica.

Paso 9

Separar las fases. La fase acuosa se reúne con la previamente colectada en el vaso de precipitados de 100 mL. La fase orgánica puede desecharse.

Paso 10

Colocar el vaso de precipitados de 100 mL que contiene la fase acuosa en un baño de hielo y adicionar lentamente bajo agitación constante una disolución 6 M de HCl. Seguir adicionando el ácido clorhídrico hasta que el ácido acetilsalicílico precipite y la disolución se encuentre con un pH entre 3 y 4.

Figura 8.8

Adición de HCl a la fase acuosa.

**Paso 11**

Filtrar el sólido al vacío, usando un papel filtro previamente pesado.

Paso 12

Secar el sólido en el horno. Una vez seco, calcular el porcentaje de ácido acetilsalicílico extraído.

Segunda parte. Recristalización de ácido acetilsalicílico

Paso 1

Proceder a realizar las pruebas de solubilidad. Colocar 25 mg de muestra en cada tubo y agregar 1.0 mL de disolvente de acuerdo con los disolventes enlistados en la Tabla 1.

Figura 8.9

Pruebas de solubilidad a temperatura ambiente.



Paso 2

Observar si el compuesto se solubiliza a temperatura ambiente o no. En caso de que no sea soluble a temperatura ambiente, calentar el tubo hasta el punto de ebullición del disolvente. Registrar observaciones en la Tabla 1.

Importante: Durante las pruebas de solubilidad, evita calentar los tubos con mechero, debido a que podrían romperse y el disolvente inflamarse. Para calentar puedes utilizar un baño maría.



Tabla 1*Pruebas de Solubilidad*

Tubo	Disolvente	Volumen (mL)	Solubilidad en frío	Solubilidad en caliente
1	Hexano	1		
2	Cloroformo	1		
3	Acetato de etilo	1		
4	Diclorometano	1		
5	Etanol	1		
6	Agua	1		

Paso 3

Una vez encontrado el disolvente o la mezcla adecuada, se procede a recrystalizar el ácido acetilsalicílico extraído del fármaco.

Paso 4

Determinar el punto de fusión de los cristales.

Paso 5

Calcular el rendimiento del producto recrystalizado y, si es posible, obtener el espectro de infrarrojo (IR) del ácido recrystalizado.

**¡Recuerda!**

Si durante las pruebas de solubilidad no se encuentra un disolvente ideal (que disuelva poco a temperatura ambiente y por completo al calentar), entonces se puede recurrir a la recrystalización por par de disolventes.



Para hacer una recrystalización por par de disolventes, se recomienda lo siguiente:

- Elegir un disolvente en el que el compuesto sea completamente soluble a temperatura ambiente.
- Disolver el compuesto a recrystalizar en la menor cantidad posible del disolvente. Si hay presencia de impurezas insolubles, deberá filtrar la disolución.
- Sobre la disolución, agregar lentamente un disolvente en el que el compuesto a cristalizar NO sea soluble. La proporción de disolventes es aproximadamente 1:3, encontrándose en una mayor proporción el disolvente en el que la muestra es insoluble..

Cuestionario

- Menciona dos ejemplos de compuestos orgánicos con carácter ácido que puedan ser aislados mediante extracción ácido base.
- Menciona dos ejemplos de compuestos orgánicos con carácter básico que puedan ser aislados mediante extracción ácido-base.
- En el presente experimento, ¿para qué se agrega la disolución de NaOH?
- ¿Qué función cumple la adición de HCl a la fase acuosa?

El secreto del sauce blanco

En el año 1828, el farmacéutico alemán Johann Andreas Buchner logró aislar un compuesto cristalino blanco a partir de la corteza del sauce blanco (*Salix alba*), una planta que desde la antigüedad había sido utilizada para aliviar dolores y fiebre. Ese compuesto, al que llamó salicina, despertó el interés de la comunidad científica, pero aún faltaba un proceso eficiente para purificarlo y estudiar sus propiedades químicas. Décadas más tarde, el químico italiano Raffaele Piria (1814–1865), investigador en la Universidad de Pisa, llevó a cabo uno de los primeros procedimientos de extracción ácido-base documentados para aislar y transformar esta sustancia vegetal. Piria trató la salicina con ácido para hidrolizarla en glucosa y ácido salicílico, un compuesto con potentes propiedades exfoliantes y antiinflamatorias. El problema era separar el ácido

salicílico de la mezcla compleja de extractos vegetales. Para ello, Piria aplicó los principios de extracción ácido-base, técnica que comenzaba a consolidarse con los avances de la química orgánica del siglo XIX:

Disolvió el extracto crudo en agua caliente y ajustó el pH con una base (normalmente hidróxido de sodio), lo que permitió ionizar el ácido salicílico (pasándolo a su forma salicilato, soluble en agua). Posteriormente, realizó una extracción líquido-líquido con un solvente no polar (como éter), que eliminaba los compuestos neutros o no polares.

Finalmente, acidificó de nuevo la solución acuosa, lo que regeneró el ácido salicílico libre, ahora como un sólido cristalino, que precipitó y fue filtrado.

Este método permitió obtener el ácido en mayor pureza y fue la base para su posterior industrialización. Más adelante, en 1897, el químico Felix Hoffmann en Bayer acetiló el ácido salicílico, creando el ácido acetilsalicílico, el principio activo de la aspirina. Así, la técnica de extracción ácido-base, aplicada por primera vez de forma sistemática en este contexto, jugó un papel central en uno de los desarrollos farmacéuticos más importantes de la historia.

OpenAI. (2025, junio). ChatGPT (versión GPT-4o) [Herramienta de inteligencia artificial]. <https://chat.openai.com>.

09

Práctica

**Extracción de pigmentos naturales y su
separación por cromatografía en columna**

Introducción

La cromatografía en columna es una técnica fundamental de separación utilizada en el laboratorio químico para aislar, purificar y fraccionar mezclas complejas de compuestos, particularmente en química orgánica. Esta técnica se basa en el mismo principio general de todas las cromatografías: la diferente afinidad de los componentes de una mezcla por una fase estacionaria y una fase móvil. En el caso específico de la cromatografía en columna, la fase estacionaria suele estar constituida por un adsorbente sólido como sílica gel o alúmina, que se empaca dentro de un tubo vertical (la columna), mientras que la fase móvil es un líquido (eluyente) que fluye a través de la columna, arrastrando los compuestos a diferentes velocidades.

La eficacia del proceso depende de las interacciones físico-químicas entre los solutos y la fase estacionaria: los compuestos más polares tienden a interactuar con mayor intensidad con el adsorbente y, por tanto, se eluyen más lentamente, mientras que los menos polares migran con mayor rapidez. Esto permite separar y recolectar los componentes individuales de una mezcla en fracciones distintas. La selección adecuada del disolvente o mezcla de eluyentes, así como del tipo de adsorbente, es clave para optimizar la resolución de la separación.

La cromatografía en columna se aplica extensamente en la purificación de productos de síntesis orgánica, en la separación de metabolitos, en el aislamiento de compuestos naturales y en el control de calidad de materiales químicos y farmacéuticos. Su versatilidad, bajo costo relativo y adaptabilidad la convierten en una herramienta indispensable tanto en investigación académica como en entornos industriales. Además, constituye una base metodológica esencial sobre la cual se han desarrollado técnicas cromatográficas más sofisticadas, como la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

Objetivos

- Extraer el pigmento de hojas de plantas verdes
- Separar los componentes del pigmento de hojas de plantas verdes mediante cromatografía en columna

Parte 1. Extracción

Materiales		Reactivos	
1	Mortero con pistilo	6 mL	Hexano
2	Pipeta Pasteur	2 mL	Metanol
2	Pipetas de 10 mL	5 mL	Agua de la llave
1	Vaso de precipitados de 50 mL	2 g	Sulfato de sodio anhidro
1	Probeta de 50 mL		

Parte 2. Purificación

Materiales		Reactivos	
2	Pipetas Pasteur de vidrio	0.6 g	Sílica gel
6	Tubos de ensayo	0.2 g	Sulfato de sodio
		10 mL	Hexano
		10 mL	Diclorometano (CH_2Cl_2)
		10 mL	Acetato de etilo (AcOEt)

Procedimiento

Primera parte. Extracción del pigmento

Paso 1

Colocar en el mortero aproximadamente 0.5 g de hojas verdes cortadas en trozos pequeños y triturar en presencia de 2 mL de metanol, hasta obtener una papilla.

Paso 2

Agregar 2 mL de hexano y mezclar para extraer.

Figura 9.1

Triturado y extracción del pigmento en hojas verdes.

**Paso 3**

Transferir el extracto a un vaso de precipitados con ayuda de una pipeta Pasteur y dejar el sólido en el mortero.

Figura 9.2

Transferencia del extracto.

**Paso 4**

Agregar nuevamente 2 mL de hexano al sólido del mortero, mezclar para extraer y separar el líquido, reuniéndolo con el primer extracto en el vaso de precipitados.

Figura 9.3

Segunda adición de hexano para extracción.

**Paso 5**

Añadir 5 mL de agua a la disolución de hexano-metanol y agitar. Dejar que las fases se separen y luego transferir la fase orgánica a otro vaso de precipitados.

Paso 6

Secar la fase orgánica añadiendo suficiente sulfato de sodio anhidro hasta que se aclare la turbidez del hexano y quede un poco de polvo fino.

Nota: ¡A partir de este momento, todo el material debe estar bien seco! Lavarlo y secarlo perfectamente solo si es necesario.

**Segunda parte. Separación de los componentes del pigmento mediante cromatografía en columna****Paso 1**

Sujetar la pipeta Pasteur, en posición vertical con la punta hacia abajo, con una liga o una pinza. Antes de sujetar, se recomienda rodear la pipeta con papel o un trozo de manguera, para evitar que se rompa.

Figura 9.4

Sujeción correcta de pipeta Pasteur para columna cromatográfica.

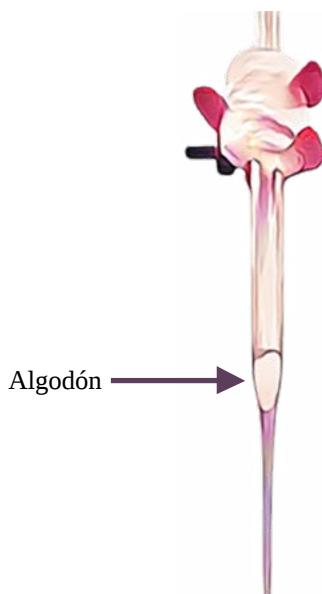


Paso 2

Colocar un pedazo de algodón en la parte inferior de la pipeta. Puede realizarse con ayuda de un alambre.

Figura 9.5

Posición del algodón dentro de la pipeta.

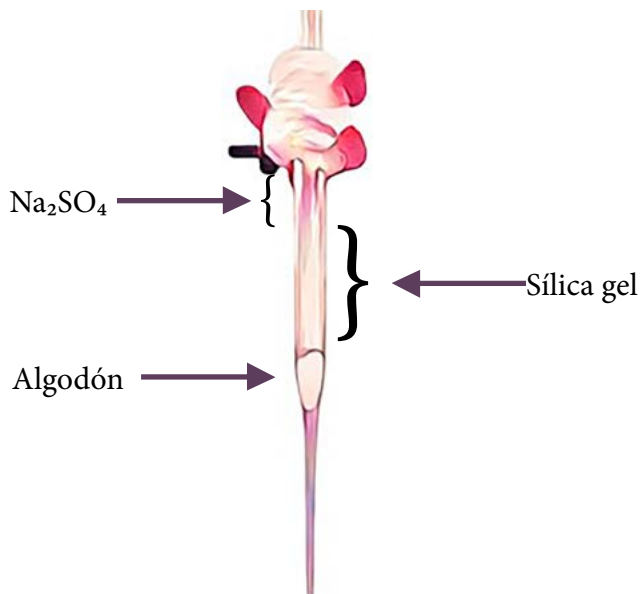


Paso 3

Llenar con sílica gel en seco hasta una altura de 4.5 cm y sobre la sílica agregar una capa de sulfato de sodio (Na_2SO_4) con un grosor aproximado de 2 mm.

Figura 9.6

Empaquetado de la columna cromatográfica.

**Paso 4**

Agregar un volumen aproximado de 0.5 mL del extracto a la columna cromatográfica con ayuda de una pipeta.

Figura 9.7

Adición del extracto en la columna.

**Paso 5**

Enjuaga la parte superior de la columna con cantidades muy pequeñas de hexano hasta que todo el pigmento haya entrado en la columna.

Paso 6

Continúa eluyendo los pigmentos con los disolventes y mezclas de solventes de polaridad creciente. El orden de solventes que debe seguirse para esta práctica es el siguiente:

1. Hexano
2. Hexano-diclorometano (9:1)
3. Diclorometano
4. Diclorometano-acetato de etilo (9:1)
5. Acetato de etilo



A medida que los componentes del pigmento se separan y descienden por la columna, se tienen que coleccionar por separado las fracciones correspondientes a cada color en diferentes tubos de ensayo numerados.

Se deberá cambiar de tubo cuando el volumen alcance tres cuartas partes de su capacidad, o cuando se observe un cambio de coloración en la fracción que se esté coleccionando.

Cuando ya no se observe movimiento de los componentes del pigmento a través de la columna cromatográfica, se deberá comenzar a usar el eluyente con la siguiente polaridad y continuar con el mismo hasta que nuevamente cese el descenso de los componentes de la mezcla a través de la columna.

Paso 7

Anotar los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 1

Observaciones en la separación mediante cromatografía en columna.

Fracción	Disolvente	Color e intensidad del color en la fracción colectada
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Paso 8

Analizar la posible identidad de cada fracción y correlacionar el color observado con su polaridad y la posible estructura.

Cuestionario

1. ¿Cuál de los siguientes factores influye directamente en la separación de compuestos durante una cromatografía en columna?
 - a. El punto de fusión de los compuestos
 - b. El color del adsorbente
 - c. La afinidad diferencial de los compuestos por la fase estacionaria
 - d. La cantidad de luz absorbida por el compuesto
2. En cromatografía en columna, usando como fase estacionaria gel de sílice, los compuestos menos polares se eluyen más lentamente, ¿verdadero o falso?
3. ¿Por qué es recomendable comenzar una cromatografía en columna con un disolvente de baja polaridad e incrementar gradualmente la polaridad del eluyente durante el proceso?

Las resinas del Amazonas: la columna de Reichstein

En la década de 1930, el bioquímico suizo Tadeus Reichstein se embarcó en una serie de investigaciones que cambiarían el rumbo de la química orgánica y de la medicina. En sus primeros estudios, Reichstein trabajó con extractos vegetales y hormonales, pero su interés se centró especialmente en la purificación de compuestos naturales de interés fisiológico, como los glicósidos y esteroides provenientes de plantas exóticas, entre ellas las del Amazonas. Uno de los grandes desafíos que enfrentaba era separar mezclas complejas de compuestos con estructuras muy similares, como los metabolitos de la corteza del ruibarbo o resinas de plantas sudamericanas, utilizadas por las comunidades indígenas por sus propiedades curativas. Estos extractos estaban cargados de componentes con polaridades y pesos moleculares parecidos, lo que hacía difícil su aislamiento con métodos simples como la cristalización o la destilación. Fue entonces cuando Reichstein y su equipo comenzaron a utilizar una técnica emergente: la cromatografía en columna. Este método, perfeccionado unos años antes por el botánico ruso Mikhail Tsvet para pigmentos vegetales, consistía en: Preparar una columna de vidrio empacada con un adsorbente polar, como sílica gel o alúmina (fase estacionaria).

Cargar cuidadosamente el extracto natural en la parte superior.

Hacer pasar un disolvente adecuado (fase móvil) por la columna. Esto permite que los compuestos de la mezcla se desplacen a distintas velocidades según su afinidad por la fase estacionaria. Gracias a esta técnica, Reichstein logró purificar compuestos con precisión nunca antes vista, lo que separa los componentes activos de los extractos y obtiene sustancias en estado casi puro. Su trabajo con compuestos esteroides a través de cromatografía en columna culminó en 1937 con el aislamiento de la cortisona en colaboración con el químico estadounidense Edward Kendall. Este descubrimiento condujo, años después, al desarrollo de tratamientos antiinflamatorios y fue tan significativo que Reichstein recibió el Premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1950.

OpenAI. (2025, junio). ChatGPT (versión GPT-4o) [Herramienta de inteligencia artificial]. <https://chat.openai.com>.

10

Práctica

**Diseño de un protocolo de separación y
purificación de una mezcla problema**

Introducción

La separación y purificación de compuestos constituyen etapas fundamentales en el trabajo experimental de la química, ya que la mayoría de las sustancias de interés se obtienen inicialmente como parte de mezclas complejas. El aislamiento de los componentes individuales se basa en el aprovechamiento de diferencias en sus propiedades físicas y químicas, tales como solubilidad, volatilidad, polaridad, punto de fusión o afinidad por una fase estacionaria. Técnicas como la extracción líquido-líquido, la recristalización, la destilación, la sublimación y la cromatografía permiten explotar estas diferencias para obtener compuestos con un grado adecuado de pureza y facilitar su posterior identificación. Estas metodologías constituyen herramientas fundamentales en la práctica de la química experimental y forman parte de las técnicas básicas descritas en esta guía de procedimientos del Laboratorio de Química Orgánica.

En esta práctica final del curso, los estudiantes integrarán los conocimientos adquiridos a lo largo del laboratorio para diseñar un protocolo experimental orientado a la separación, purificación e identificación parcial de los componentes de una mezcla problema. El ejercicio implica analizar las propiedades fisicoquímicas de los compuestos presentes, seleccionar de manera racional las técnicas de aislamiento más apropiadas y estructurar una estrategia experimental coherente. De esta forma, la práctica busca consolidar la comprensión de los principios que rigen las técnicas de purificación y fomentar el desarrollo de habilidades de planeación experimental y análisis crítico en el laboratorio químico.

Objetivos

- Diseñar un protocolo experimental para la separación y purificación de los componentes de una mezcla problema y seleccionar de manera racional las técnicas de laboratorio más adecuadas con base en las propiedades fisicoquímicas de las sustancias involucradas.

- Aplicar y combinar técnicas de aislamiento y purificación como extracción, recristalización, destilación, sublimación y cromatografía, con el fin de obtener los componentes de la mezcla con un grado adecuado de pureza.
- Evaluar y justificar la estrategia experimental propuesta al comparar diferentes alternativas de separación y verificar la identidad y pureza de los compuestos aislados mediante técnicas de caracterización apropiadas.

Procedimiento

Paso 1

Elegir una mezcla problema de las siguientes cuatro opciones:

- a. Mezcla 1: Acetofenona + arena de mar + NaCl + 5 % de impurezas desconocidas.
- b. Mezcla 2: Naftaleno, fenol y tolueno
- c. Mezcla 3: Benzaldehído, ácido benzoico, acetato de Etilo
- d. Mezcla 4: Trietilamina, acetanilida, p-nitroacetanilida.

Paso 2

Diseñar una estrategia para separar, purificar e identificar cada uno de los componentes de la mezcla siguiendo las siguientes etapas:

1. Interactuar con un sistema de inteligencia artificial: Inicie una conversación con un sistema de inteligencia artificial y solicite el diseño de un procedimiento para separar, purificar e identificar cada uno de los componentes de una muestra problema.
2. Evaluar y ajustar el procedimiento sugerido por la IA: Analice detenidamente el procedimiento propuesto y realice las modificaciones necesarias, lo que tiene en cuenta los siguientes criterios:
 - a. Incluir obligatoriamente una etapa de extracción simple en el procedimiento.
 - b. Especificar el método que se utilizará para determinar la identidad y la pureza del compuesto una vez que haya sido aislado y purificado.
 - c. Asegurarse de que el objetivo se logre utilizando las siguientes técnicas: Recristalización, sublimación, destilación, extracción,

cromatografía en columna, cromatografía en capa fina, punto de fusión, índice de refracción.

- d. Implementar cualquier cambio adicional que se considere necesario para mejorar la eficiencia del proceso y su compatibilidad con el medioambiente.

Paso 3

Análisis de la información:

- a) Escribir el procedimiento original propuesto para la IA

b) Escribir el procedimiento modificado que incluye sus propuestas.

c) Elaborar un diagrama de flujo que ilustre el procedimiento propuesto en el inciso b.

d) Realizar una comparación de la metodología propuesta por la IA y la metodología final que incluye sus propuestas. Justificar cada uno de los cambios realizados a la propuesta hecha originalmente por la inteligencia artificial.

De la penicilina al Taxol: la revolución silenciosa de la purificación

En 1928, el bacteriólogo escocés Alexander Fleming observó algo extraordinario en su laboratorio del Hospital St. Mary en Londres: un moho accidental en una placa de cultivo había destruido colonias de *Staphylococcus*. Aquel hongo, del género *Penicillium*, producía una sustancia con fuerte poder antibacteriano. Fleming lo llamó penicilina, pero durante años, el compuesto permaneció como una curiosidad de laboratorio por un motivo fundamental: no se podía aislar ni purificar en cantidades útiles.

No fue hasta la década de 1940, en plena Segunda Guerra Mundial, que los químicos Howard Florey, Ernst Chain y su equipo en la Universidad de Oxford desarrollaron un método de extracción líquido-líquido y purificación cromatográfica y recristalización para aislar la penicilina de los cultivos de moho. Gracias a estos avances en purificación, la penicilina se pudo producir a gran escala y salvó millones de vidas, marcando el inicio de la era de los antibióticos.

Décadas después, otro caso notable ocurrió en la búsqueda de tratamientos contra el cáncer. En los años 1960, investigadores del Departamento de Agricultura de EE. UU. recolectaron muestras del tejo del Pacífico (*Taxus brevifolia*) en los bosques del noroeste estadounidense. En el laboratorio, un extracto vegetal mostró actividad citotóxica potente, pero su principio activo, más tarde llamado Taxol (paclitaxel), era extremadamente difícil de aislar. Durante años, los químicos del Research Triangle Institute, liderados por Monroe Wall y Mansukh Wani, desarrollaron complejos métodos de extracción líquido-líquido, cromatografía en columna, cromatografía de alta resolución y recristalización para purificar Taxol. El proceso requería literalmente toneladas de corteza para obtener apenas unos gramos del compuesto puro. Con el tiempo, la síntesis parcial y total permitieron producirlo de manera sostenible. El Taxol se convirtió en uno de los medicamentos más efectivos contra varios tipos de cáncer (como el de mama y ovario) y, como la penicilina décadas antes, demostró que el dominio de las técnicas de aislamiento y purificación de compuestos orgánicos puede marcar la diferencia entre una observación de laboratorio y un medicamento que salva vidas.

OpenAI. (2025, junio). ChatGPT (versión GPT-4o) [Herramienta de inteligencia artificial]. <https://chat.openai.com>.

Referencias

Recristalización

- Horowitz, G. A Discovery Approach to Three Organic Laboratory Techniques: Extraction, Recrystallization, and Distillation. *J. Chem. Educ.* 2003, 80(9), 1039-1041. <https://doi.org/10.1021/ed080p1039>.
- Hightower, T. R.; Heeren, J. D. Using a Simulated Industrial Setting for the Development of an Improved Solvent System for the Recrystallization of Benzoic Acid: A Student-Centered Project. *J. Chem. Ed.* 2006, 83 (11), 1663. <https://doi.org/10.1021/ed083p1663>.
- Science History Institute. William Henry Perkin. Scientific Biographies. ScienceHistory.org. <https://www.sciencehistory.org/education/scientific-biographies/william-henry-perkin/> (acceso enero 2026).
- Clarke, E. A.; Anliker, R. Organic Dyes and Pigments. En *Anthropogenic Compounds*; Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, 1980, 181-215.

Punto de fusión

- Jakobsche, C. E.; Le, A.-V. An Organic Chemistry Activity to Improve Student Understanding of Molecules as 3-Dimensional Objects. *J. Chem. Educ.* 2023, 100(11), 4549-4553. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00631>.
- Lisensky, G.; Kueffer, L. E.; Livingston, C.; Parmentier, L. E. Intermolecular Forces and the Languages of Chemistry. *J. Chem. Ed.* 2024, 101(8), 3584–3591. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00515>.
- Brown, R. J. C.; Brown, R. F. C. Melting Point and Molecular Symmetry. *J. Chem. Ed.* 2000, 77(6), 724. <https://doi.org/10.1021/ed077p724>.
- Carty, R. Casualty of War. *Distillations Magazine*, Science History Institute, July 6, 2012. <https://www.sciencehistory.org/stories/magazine/casualty-of-war/>
- Friedrich, B.; Hoffmann, D. Clara Haber, née Immerwahr (1870–1915): Life, Work and Legacy. *Z. Anorg. Allg. Chem.* 2016, 642(6), 437–448. <https://doi.org/10.1002/zaac.201600035>.

Sublimación

- Horimatsu, S.; Mizutani, M.; Miura, H.; Ohkoshi, E. A Hands-on Experiment of Caffeine Extraction from Tea Leaves Using Direct Sublimation: Learning Effectiveness for Secondary School Students. *J. Chem. Ed.* 2025, 102 (5), 1856–1863. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00933>.
- Kuntzleman, T. S.; Ford, N.; No, J.-H.; Ott, M. E. A Molecular Explanation of How the Fog Is Produced When Dry Ice Is Placed in Water. *J. Chem. Ed.* 2015, 92 (4), 643–648. <https://doi.org/10.1021/ed400754n>.
- Newman, W. R.; Principe, L. M. *Alchemy Tried in the Fire: Starkey, Boyle, and the Fate of Helmontian Chemistry*; University of Chicago Press: Chicago, IL, 2002.

Destilación

- Robinson, J. M.; Williams, D. L. An Efficient “Brush” Packing for Fractional Distillation. *J. Chem. Ed.* 2014, 91 (3), 457–460. <https://doi.org/10.1021/ed400515n>.
- Evjen, S.; Petit, C.; Hammer, M.; Lindbråthen, A.; Flatberg, G.; Karolius, S.; Presig, H.; Fiksdahl, A. Demonstration of Composition Changes in a Distillation Column by Use of Bromophenol Blue Indicator. *J. Chem. Ed.* 2019, 96 (3), 518–521. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00736>.
- Williamson, H. F.; Andreano, R. L.; Menezes, C. The American Petroleum Industry. In *Output, Employment, and Productivity in the United States after 1800*; Brady, D. S., Ed.; National Bureau of Economic Research: New York, 1966; pp. 349–404.

Destilación por arrastre con vapor

- Martínez Grau, M. Á.; Csáký, A. G. *Técnicas experimentales en síntesis orgánica*, 1a. ed.; Síntesis: Madrid, 2012, pp. 148–151.
- Sell, C.; Sell, C. S., Eds. *The Chemistry of Fragrances: From Perfumer to Consumer*; Royal Society of Chemistry: Cambridge, UK, 2006.

Cromatografía en capa fina

Sadek, C. M.; Brown, B. A.; Wan, H. A Cost-Effective Two-Part Experiment for Teaching Introductory Organic Chemistry Techniques. *J. Chem. Ed.* 2011, 88 (10), 1431–1433. <https://doi.org/10.1021/ed101039m>.

Poole, C. F. *The Essence of Chromatography*; Elsevier Science; Amsterdam, The Netherlands, 2003. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-50198-1.X5013-7>.

Cromatografía en columna

García-Zavala, A.; Jiménez, C. C.; Martínez-Bourget, D.; Romero-Ávila, M. Exploring Thin-Layer and Column Chromatography Fundamentals via Experiential Learning with Simple and Affordable Materials. *J. Chem. Ed.* 2025, 102 (5), 2181–2189. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00957>.

Pizarro, F. *Revista Médica Clínica Las Condes* 2014, 25 (5), 858–860.

Extracción simple

Shugrue, C. R.; Mentzen, H. H.; Linton, B. R. A Colorful Solubility Exercise for Organic Chemistry. *J. Chem. Ed.* 2015, 92 (1), 135–138. <https://doi.org/10.1021/ed4005408>.

Raydo, M. L.; Church, M. S.; Taylor, Z. W.; Taylor, C. E.; Danowitz, A. M. A Guided Inquiry Liquid/Liquid Extractions Laboratory for Introductory Organic Chemistry. *J. Chem. Ed.* 2015, 92 (1), 139–142. <https://doi.org/10.1021/ed400861r>.

Luska, K. L. A Multioutcome, Guided Inquiry-Based Liquid–Liquid Extraction Laboratory for Introductory Organic Chemistry. *J. Chem. Ed.* 2022, 99 (12), 4124–4133. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00396>.

Wu, N.; Kubo, T.; Hall, A. O.; Zurcher, D. M.; Phadke, S.; Wallace, R. L.; McNeil, A. J. Adapting Meaningful Learning Strategies to Teach Liquid–Liquid Extractions. *J. Chem. Ed.* 2020, 97 (1), 80–86. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00717>.

- McKnelly, K. J.; Howitz, W. J.; Lam, S.; Link, R. D. Extraction on Paper Activity: An Active Learning Technique to Facilitate Student Understanding of Liquid–Liquid Extraction. *J. Chem. Ed.* 2020, 97 (7), 1960–1965. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00975>.
- Celius, T. C.; Peterson, R. C.; Anderson-Wile, A. M.; Krawiec-Thayer, M. From Observation to Prediction to Application: A Guided Exercise for Liquid–Liquid Extraction. *J. Chem. Ed.* 2018, 95 (9), 1626–1630. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00779>.
- Baker, R. T.; Smith, H. G. On the Australian Melaleucas and Their Essential Oils, Part V. *J. Proc. R. Soc. N. S. W.* 1913, 47, 193–214. <https://doi.org/10.5962/p.359640>.
- Bugarcic, A.; Bowles, E. J.; Summer, K.; Agnew, T.; Barkla, B. J.; Lauche, R. Australian Tea Tree (*Melaleuca alternifolia*) Oil: An Updated Review of Antimicrobial and Other Medicinal Properties. *Phytomedicine Plus* 2025, 5, 100846. <https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2025.100846>.

Extracción ácido-base

- Assadieskandar, A.; Rezende Miranda, R.; Broyer, R. M. Visually Tracking Acid–Base Extractions Using Colorful Compounds. *J. Chem. Ed.* 2020, 97 (5), 1402–1405. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00196>.
- Sneider, W. The Discovery of Aspirin: A Reappraisal. *BMJ* 2000, 321 (7276), 1591–1594. <https://doi.org/10.1136/bmj.321.7276.1591>.

Bibliografía general

- Gokel, G. W.; Dupont Durst, H. *Química Orgánica Experimental*, 1a ed.; Reverte: España, 2010.
- García, I. J.; Dobado Jiménez, J. A.; García Calvo-Flores, F.; Martínez García, H. *Tratado de Química Orgánica Experimental*, 1a ed.; Garceta: España, 2013.
- Martínez Grau, M. Á.; Csáky, A. G. *Técnicas experimentales en síntesis orgánica*, 1a ed.; Síntesis: Madrid, 2012.

Técnicas básicas de aislamiento, purificación e identificación parcial.

Procedimientos del laboratorio de química orgánica.

Se terminó de imprimir en agosto de 2026

en los talleres de Astra Ediciones

Av. Acueducto No. 829

Colonia Santa Margarita, C. P. 45140

Zapopan, Jalisco, México.

33 38 34 82 36

E-mail: edicion@astraeditorial.com.mx

www.astraeditorialshop.com

Impresión digital con interiores en papel bond de 75 g.

El tiraje consta de 300 ejemplares

La presente obra, ha sido elaborada con el propósito de proporcionar a los estudiantes un conjunto de herramientas experimentales claras y sistemáticas que faciliten el aprendizaje de las técnicas básicas utilizadas en el laboratorio.

En ella, se describen principios, fundamentos y procedimientos asociados a técnicas como la recrystalización, la destilación, la sublimación, la extracción y la cromatografía, las cuales constituyen la base del trabajo experimental en química orgánica.

ISBN: 979-13-88349-34-8

