

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ORGÁNICA

COMPENDIO DE PRÁCTICAS
LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA I
CLAVE 1311

Elaborado y revisado por Profesores del Departamento de Química Orgánica:

Revisión última:

M. en C. María del Rayo Salinas Vázquez

Dr. Jacinto Eduardo Mendoza Pérez

Elaboración:

Profesores que han impartido la asignatura.

TALLER No. 1 NOMENCLATURA, GRUPOS FUNCIONALES Y ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO

OBJETIVOS CADÉMICOS

- Conocer las reglas de nomenclatura en química orgánica establecidas por la IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada por sus siglas en inglés).
- Identificar los grupos funcionales más comunes en Química Orgánica.
- Asignar nombres a compuestos orgánicos de acuerdo con las reglas de la IUPAC.
- Conocer la utilidad de la espectroscopía de infrarrojo (IR) para la identificación de los grupos funcionales en Química Orgánica.

PROBLEMA

El alumno identificará los grupos funcionales de compuestos orgánicos y les asignará nombre según lo establecido por la IUPAC, de igual manera podrá reconocer algunos grupos funcionales en los espectros de IR.

DESARROLLO DEL TALLER

Nomenclatura:

Para asignar un nombre a un compuesto orgánico nos regimos por las reglas de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) la cual, a través de su comité interdivisional de nomenclatura y símbolos, es la máxima autoridad para la denominación de compuestos químicos.

Alcanos C_nH_{2n+2} :

Para elegir el nombre correctamente de un compuesto orgánico se deben seguir las siguientes reglas:

- 1) Encontrar la cadena principal, la cual será la de mayor longitud. Si dos cadenas tienen la misma longitud se toma como principal la cadena más ramificada. El nombre del sustituyente alquilo unido al hidrocarburo primario se antepone al nombre de ese hidrocarburo, junto con el número que indique el átomo de carbono al cual está unido el sustituyente alquilo.
- 2) Para la numeración parte del extremo más cercano a un sustituyente de la cadena principal. Si por ambos lados hay sustituyentes a la misma distancia de los extremos, se deberá tomar en cuenta el resto de los sustituyentes del alcano.
- 3) El nombre del alcano comienza especificando los sustituyentes, ordenados alfabéticamente y precedidos de sus respectivos localizadores. Para terminar, se indica el nombre de la cadena principal.
- 4) Si al numerar la cadena principal por ambos extremos, nos encontramos a la misma distancia con los primeros sustituyentes, nos fijamos en los demás sustituyentes y se numera en la dirección que permita que el nombre tenga los números más bajos posibles.
- 5) Si dos a más cadenas tienen igual longitud, se toma como principal la que tiene mayor número de sustituyentes.

- 6) Si al numerar en ambas direcciones se obtienen los mismos localizadores, se asigna el localizador más bajo al sustituyente que va primero en el orden alfabético.
- 7) Finalmente, el nombre del compuesto debe considerarse lo siguiente:
 - Los sustituyentes se colocan en orden alfabético.
 - Si dos o más sustituyentes son iguales, se usan los prefijos di, tri, tetra, etc.
 - Un número y una palabra se separan con un guion; los números se separan con una coma.
 - Al alfabetizar no se toma en cuenta los prefijos di, tri, tetra, sec y ter. • Los prefijos iso y ciclo si se toman en cuenta al alfabetizar.

Tabla1. Nombre de alcanos por número de carbonos.

No. de C	Nombre	No. de C	Nombre	No. de C	Nombre
1	Metano	13	Tridecano	25	Pentacosano
2	Etano	14	Tetradecano	26	Hexacosano
3	Propano	15	Pentadecano	27	Heptacosano
4	Butano	16	Hexadecano	28	Octacosano
5	Pentano	17	Heptadecano	29	Nocacosano
6	Hexano	18	Octadecano	30	Triacotano
7	Heptano	19	Nonadecano	40	Tetracontano
8	Octano	20	Icosano	50	Pentacontano
9	Nonano	21	Henicosano	60	Hexacontano
10	Decano	22	Docosano	70	Heptacontano
11	Undecano	23	Tricosano	80	Octacontano
12	Dodecano	24	Tetracosano	90	Nonacontano

Alquenos C_nH_{2n} .

En cuanto a los alquenos, se aplican las reglas de nomenclatura de los alcanos y, además las siguientes:

- 1) Se nombran utilizando el mismo prefijo que para los alcanos (met-, et-, prop-, but-, etc,) pero cambiando el sufijo -ano por -eno.
- 2) Se toma como cadena principal la más larga que contenga el enlace doble. En caso de tener varios enlaces dobles se considera como cadena principal la que contiene el mayor número de enlaces dobles (aunque no sea la más larga).
- 3) La numeración comienza por el extremo de la cadena que otorga al enlace doble el localizador más bajo posible. Los enlaces dobles tienen preferencia sobre los sustituyentes.
- 4) Los alquenos pueden tener dos isómeros espaciales los cuales pueden distinguen con la connotación E/Z.

Alquinos C_nH_{2n-2} :

Como en el caso anterior, se siguen las reglas de los alcanos y los siguientes puntos:

- 1) Se nombran sustituyendo el sufijo -ano por -ino.
- 2) La cadena principal es la de mayor longitud que contiene el enlace triple.

- 3) La numeración debe otorgar los menores localizadores al enlace triple.
- 4) Cuando la molécula tiene más de un enlace triple, se toma como principal la cadena que contiene el mayor número de enlaces triples y se numera desde el extremo más cercano a uno de los enlaces múltiples, terminando el nombre en -diino, triino, etc.

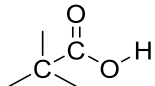
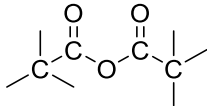
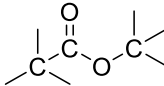
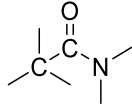
En el caso que se tengan enlaces dobles y triples, el procedimiento para determinar el nombre del compuesto orgánico es el siguiente:

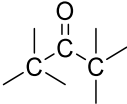
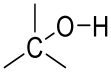
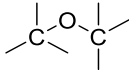
1. Se toma como cadena principal la que contiene al mayor número posible de enlaces múltiples, prescindiendo de si son dobles o triples.
2. Se numera para que los enlaces en conjunto tomen los localizadores más bajos. Si hay un enlace doble y un triple a la misma distancia de los extremos tiene preferencia el enlace doble.
3. Si el compuesto tiene un enlace doble y un triple se termina el nombre en -eno-ino; si tiene dos enlaces dobles y un triple, -dieno-ino; con dos enlaces triples y un doble la terminación es, -eno-diino.

Grupos funcionales:

Los grupos funcionales más utilizados en química orgánica se muestran en la siguiente tabla la cual está ordenada por prioridad decreciente (IUPAC).

Tabla 2. Grupos funcionales empleado en química orgánica.

Grupos funcionales	Fórmula general	Sufijo	Prefijo
Cationes	R_4N^+ R_4P^+ R_3S^+	amonio fosfonio sulfonio	Amonio Fosfonio Sulfonio
Ácidos carboxílicos		Ácido-oico	Carboxi
Anhídridos de ácidos carboxílicos		Anhídrido -oico	
Ésteres de ácido carboxílicos		-oato de alquilo	Alcoxycarbonil
Haluros de acilo		Haluro de- oílo	Halogenoalcanoíl
Amidas		-amida	Amido-(Carbamóíl-)
Nitrilos		-nitrilo	Ciano-
Aldehídos		-al, -(aldehído)	Oxo- (Alcanoíl)

Cetonas		-ona	Oxo-
Alcoholes		-ol	Hidróxi-
Mercaptanos		-tiol	Mercapto-
Aminas		-amina	Amino-
Alquenos		-eno*	Alquenil-
Alquinos	$\text{—C}\equiv\text{C—}$	-ino*	Alquinil-
Alcanos	(sólo contienen- enlaces sencillos) C-H y C-C	-ano*	Alquil-
Éteres		(éter)	Alcoxi-Éter
Sulfuros		(sulfuro)	Alquitio- Sulfuro- Alquilsulfanil
Haluros	 (X = F, Cl, Br, I)	--	Haluro de
Nitro		--	Nitro-

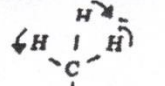
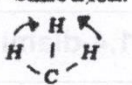
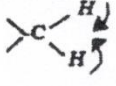
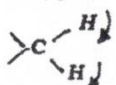
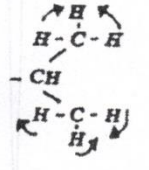
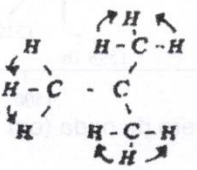
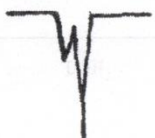
*Sufijos sobre una raíz. Los alcanos alquenos y alquinos son los nombres principales, de los cuales se derivan otros nombres por adición de sufijos y prefijos.

ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO (IR):

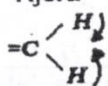
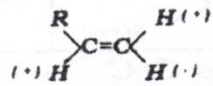
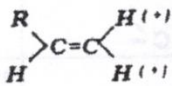
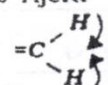
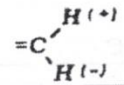
La espectroscopía es el estudio de la interacción de la radiación con la materia.

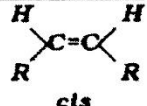
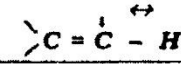
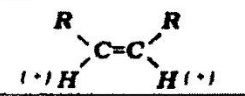
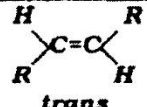
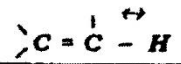
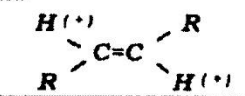
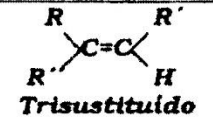
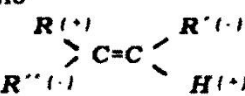
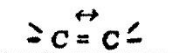
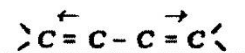
En la espectroscopía de infrarrojo normal la radiación utilizada comprende entre 400 y 4000 cm^{-1} . En el espectro IR aparecen los valores de % de transmitancia de radiación infrarroja (radiación no absorbida) entre los rangos mencionados arriba, observando una serie de picos característicos para cada grupo funcional presente en la molécula bajo estudio.

Tabla 3. Bandas características de IR de algunos grupos funcionales.

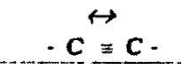
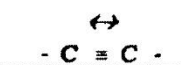
ALCANOS.		
GRUPO	TIPO DE VIBRACIÓN	FRECUENCIA (cm ⁻¹)
<i>Vibraciones C-H</i>		
Metilos (-CH₃)	Estiramiento asimétrico. ν_{as} 	2960
	Estiramiento simétrico. ν_s 	2870
	Torsión asimétrica δ_{as} 	1460
	Torsión simétrica. δ_s 	1380
Metilenos (-CH₂-)	Estiramiento asimétrico. ν_{as} 	2925
	Estiramiento simétrico. ν_s 	2850
	Torsión de Tijera δ 	1470
	Torsión de Balanceo (-CH ₂) _n , donde n ≥ 4 δ 	725-720
Isopropilo (CH₃)₂-CH-	Estiramiento ν 	1380 y 1360 1170 y 1145 débiles 
Terbutilo (CH₃)₃-C-	Estiramiento ν 	1380 y 1360 1255 y 1210 

ALQUENOS.

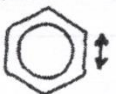
GRUPO	TIPO DE VIBRACIÓN	FRECUENCIA (cm ⁻¹)
<i>Vibraciones C-H</i>		
$ \begin{array}{c} R \quad H \\ \diagdown \quad / \\ C = C \\ / \quad \diagdown \\ H \quad H \\ \text{Vinilo} \end{array} $	Estiramiento asimétrico ν_{as} 	3100
	Estiramiento simétrico ν_s 	2975
	Torsión de Tijera δ 	1420
	Torsión C-H fuera del plano δ 	990
	δ 	910
	Sobretono de deformación C-H fuera del plano.	1800-1750
$ \begin{array}{c} R \quad H \\ \diagdown \quad / \\ C = C \\ / \quad \diagdown \\ R \quad H \\ \text{Metileno terminal} \end{array} $	Estiramiento asimétrico ν_{as} 	3100
	Estiramiento simétrico ν_s 	2975
	Torsión de Tijera δ 	1420
	Torsión δ 	890
	Sobretono de deformación C-H fuera del plano.	1800-1750

	Estiramiento ν 	3020
	Torsión C-H fuera del plano δ 	730-650
	Estiramiento ν 	3020
	Torsión C-H fuera del plano δ 	965
	Torsión C-H fuera del plano δ 	840-800
Vibraciones C=C		
Vinilo, metileno terminal, cis, trans. Trisustituido.	Estiramiento ν 	1640-1680
polienos	Estiramiento ν 	1600-1640

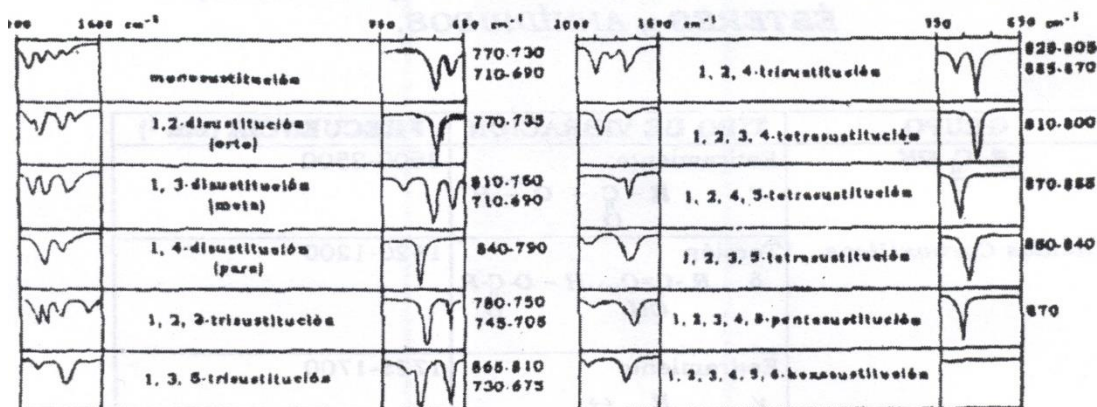
ALQUINOS.

GRUPO	TIPO DE VIBRACIÓN	FRECUENCIA (cm ⁻¹)
Vibraciones C-H		
-C≡C-H	Estiramiento ν 	3325-3250
	Torsión δ 	750-650
Vibraciones C≡C		
-C≡C (posición terminal)	Estiramiento ν 	2140-2100
-C≡C- (posición central)	Estiramiento ν 	2260-2190

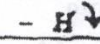
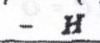
AROMÁTICOS.

GRUPO	TIPO DE VIBRACIÓN	FRECUENCIA (cm ⁻¹)
<i>Vibraciones C-H</i>		
	Estiramiento ν 	3150-3050
	Torsión fuera del plano δ	950-650 *
	Sobretonos	2000-1600 *
<i>Vibraciones C=C</i>		
	Estiramiento ν 	Hasta 4 bandas entre 1600-1450

* Nota: Los sobretonos, así como las bandas debidas a las vibraciones de torsión fuera del plano de los distintos grupos aromáticos, se encuentran en la siguiente tabla.



ALCOHOLES.

GRUPO	TIPO DE VIBRACIÓN	FRECUENCIA (cm ⁻¹)
R-OH Alcohol	Estiramiento ν 	3650-3200
	Torsión δ 	1500-1300
	Torsión (-) (+) δ 	650
	Estiramiento ν 	1200-1050 1050 alcohol primario 1100 alcohol secundario 1150 alcohol terciario 1200 fenol

ÉTERES.

GRUPO	TIPO DE VIBRACIÓN	FRECUENCIA (cm ⁻¹)
$\begin{array}{c} R \\ \diagup \\ R-O \end{array}$ Éter (alifático y cíclico)	Estiramiento asimétrico $v_{as} \quad \begin{array}{c} R \quad \diagdown \\ \diagup \quad O \\ R \quad \diagup \end{array}$	1150-1070
$\begin{array}{c} C=C \\ \diagup \\ R-O \end{array}$ Éter (aromático y vinílico)	Estiramiento asimétrico. $v_{as} \quad \begin{array}{c} \diagdown C=C \quad \diagdown \\ \diagup \quad \quad \diagup \\ R \quad \quad \quad O \end{array}$	1275-1200
	Estiramiento simétrico. $v_s \quad \begin{array}{c} \diagdown C=C \quad \diagdown \\ \diagup \quad \quad \diagup \\ \quad \quad \quad O \\ \quad \quad \quad R \end{array}$	1075-1020
$CH_3 - O - R$ Metoxilo.	Estiramiento.	2820

GRUPO CARBONILO.

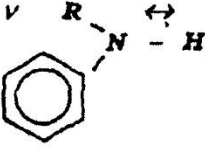
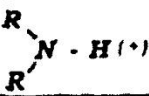
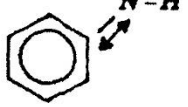
**ÁCIDOS CARBOXÍLICOS, ALDEHÍDOS, CETONAS,
ÉSTERES y ANHÍDRIDOS.**

GRUPO	TIPO DE VIBRACIÓN	FRECUENCIA (cm ⁻¹)
$ \begin{array}{c} \text{R}-\text{C}-\text{OH} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array} $ Ácidos Carboxílicos.	Estiramiento $ \nu \quad \text{R}-\text{C}-\text{O} \leftrightarrow \text{H} \\ \parallel \\ \text{O} $ Torsión $ \delta \quad \text{R}-\text{C}=\text{O} \dots \text{H}-\text{O}-\text{C}-\text{R} \\ \parallel \quad \quad \parallel \\ \text{OH} \quad \quad \text{O} $	3500-2500 1420-1200
	Estiramiento $ \nu \quad \begin{array}{c} \text{R} \\ \diagup \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagdown \\ \text{OH} \end{array} \leftrightarrow $	1725-1700
$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagup \\ \text{R} \end{array} $ Aldehído	Resonancia de Fermi C - H	2820 y 2720
	Estiramiento $ \nu \quad \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagup \\ \text{R} \end{array} \leftrightarrow $	1740-1720
$ \begin{array}{c} \text{R} \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagup \\ \text{R} \end{array} $ Cetona	Estiramiento $ \nu \quad \begin{array}{c} \text{R} \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagup \\ \text{R} \end{array} \leftrightarrow $	1715-1680
	$ \begin{array}{c} \text{R} \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagup \\ \text{R} \end{array} \leftrightarrow $	1100 y 1300 (bandas de baja intensidad en cetonas alifáticas y de alta intensidad en cetonas aromáticas)

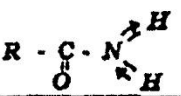
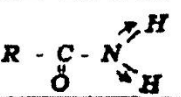
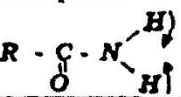
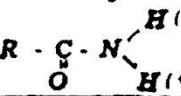
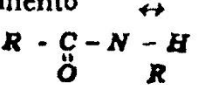
$\begin{array}{c} \text{R} - \text{C} - \text{O} - \text{R} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$ Éster	Estiramiento ν $\begin{array}{c} \text{R} \quad \leftrightarrow \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} = \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{R} - \text{O} \end{array}$	1750-1735
	Estiramiento simétrico y asimétrico ν_s $\text{R} - \text{C} \begin{array}{c} \rightarrow \text{O} \rightarrow \text{R} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$ ν_{as} $\text{R} - \text{C} \begin{array}{c} \rightarrow \text{O} \leftarrow \text{R} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$	Dos bandas entre 1300-1050 <i>banda de mayor intensidad</i> 1180 formiato 1240 acetato 1190 alquil éster 1165 metil éster
$\begin{array}{c} \text{R} - \text{C} - \text{O} - \text{C} - \text{R} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$ Anhídrido	Estiramiento asimétrico ν_{as} $\begin{array}{c} \text{R} - \text{C} - \text{O} - \text{C} - \text{R} \\ \uparrow \quad \downarrow \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$	1820
	Estiramiento simétrico ν_s $\begin{array}{c} \text{R} - \text{C} - \text{O} - \text{C} - \text{R} \\ \uparrow \quad \uparrow \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$	1760
	Estiramiento simétrico ν_s y asimétrico ν_{as} $\begin{array}{c} \text{R} - \text{C} - \text{O} - \text{C} - \text{R} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array} \begin{array}{c} \leftrightarrow \\ \leftrightarrow \end{array}$	1300-1050 (1-2 bandas intensas)

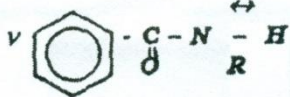
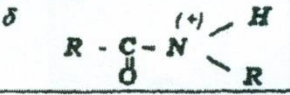
AMINAS.

GRUPO	TIPO DE VIBRACIÓN	FRECUENCIA (cm ⁻¹)
<i>Vibración N-H</i>		
R-NH_2 Ar-NH_2	Estiramiento asimétrico ν_{as} $\begin{array}{c} \nearrow \text{H} \\ \text{R} - \text{N} \\ \nwarrow \text{H} \end{array}$	3500
	Estiramiento simétrico ν_s $\begin{array}{c} \nearrow \text{H} \\ \text{R} - \text{N} \\ \searrow \text{H} \end{array}$	3400
NH_2	Torsión en el plano δ $\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ - \text{N} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \end{array}$	1640-1560
	Torsión fuera del plano δ $\begin{array}{c} \text{H}(\cdot) \\ \diagdown \quad \diagup \\ - \text{N} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H}(\cdot) \end{array}$	900-650
R-NH_2	Estiramiento $\leftrightarrow$ ν $\begin{array}{c} \text{R} - \text{C} - \text{N} - \text{H} \\ \diagup \quad \diagdown \quad \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	1230-1030
R-NH-R	Estiramiento ν $\begin{array}{c} \text{R} \quad \rightarrow \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{N} - \text{H} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{R} \end{array}$	3350-3310 (débiles)

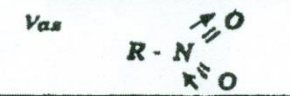
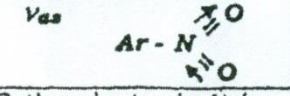
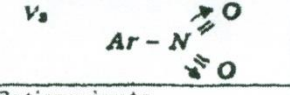
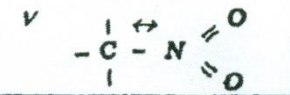
$Ar-NH-R$	Estiramiento 	3450
$-NH-$	Torsión 	1580-1490
$Ar-NH-R$	Estiramiento 	1360-1250

AMIDAS.

GRUPO	TIPO DE VIBRACIÓN	FRECUENCIA (cm ⁻¹)
<i>Vibración N-H</i>		
$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-NH_2$	Estiramiento asimétrico ν_{as} 	3500
$Ar-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-NH_2$	Estiramiento simétrico ν_s 	3400
	Torsión en el plano δ 	1640-1560
	Torsión fuera del plano δ 	900-650
$R-NH-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-R$	Estiramiento ν 	3350-3310

$Ar - \overset{\overset{O}{\parallel}}{C} - NH - R$	Estiramiento ν 	3450
-NH-	Torsión δ 	1580-1490
Vibración C=O		
C=O (amida)	Estiramiento ν 	1670-1640

GRUPO NITRO.

GRUPO	TIPO DE VIBRACIÓN	FRECUENCIA (cm ⁻¹)
$R - NO_2$	Estiramiento asimétrico ν_{as} 	1550
	Estiramiento simétrico ν_s 	1370
$Ar - NO_2$	Estiramiento asimétrico ν_{as} 	1525
	Estiramiento simétrico ν_s 	1345
	Estiramiento ν 	870

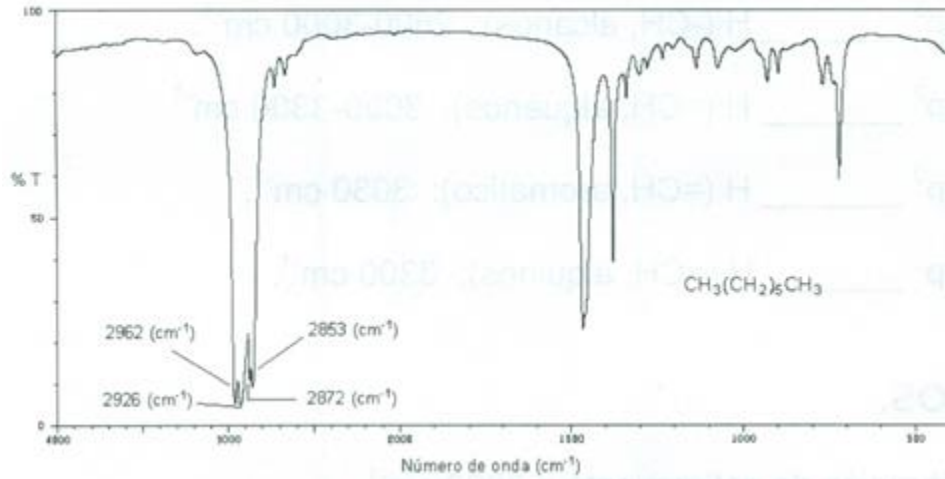


Figura 1. Espectro de IR del *n*-heptano

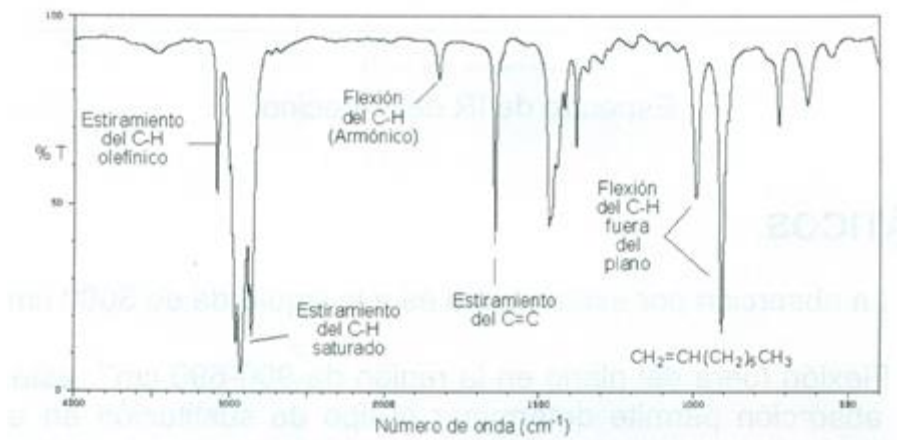


Figura 2. Espectro de IR del 1-octeno.

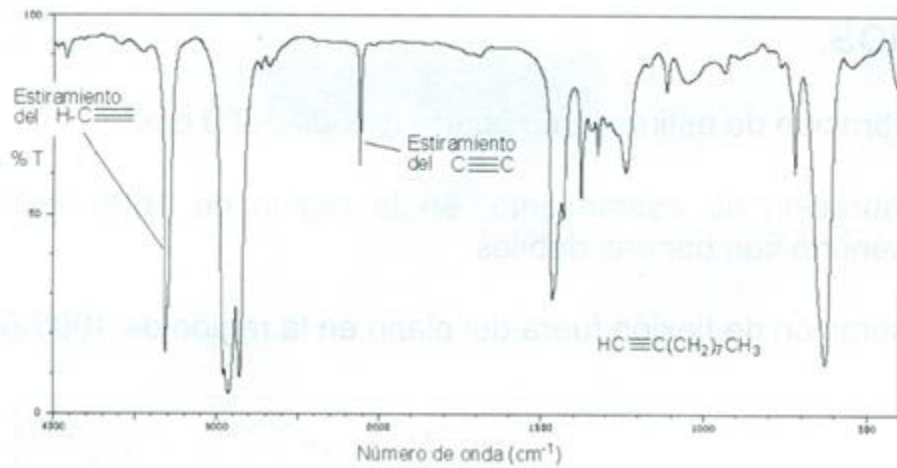


Figura 3. Espectro de IR del 1-decino.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBORES, M. et al. "Grupos funcionales, nomenclatura y reacciones principales". Departamento de Química Orgánica. Facultad de Química. UNAM. 2ª Edición. México 2017. <http://www.librosoa.unam.mx/handle/123456789/271>
- <https://iupac.org>
- Organic-Brief-Guide-brochure_v1.1_June2021.pdf (iupac.org)
Blue Book (qmul.ac.uk)
- McMurry, J., (2018), Química Orgánica, México, Cengage Learning.
- Wade, L.G. Jr., (2017), Química Orgánica, Vol. 1 y 2, México, Pearson Educación.

Apéndice I: Conocimientos previos

- Reglas de IUPAC para asignar nombres a alcanos, alquenos y alquinos.
- Estructura y nomenclatura de los grupos funcionales más comunes en química orgánica, así como su prioridad en la asignación de nombres.
- Nombres de sustituyentes más comunes como isopropilo.
- Estructura y nomenclatura de los grupos funcionales más comunes en química orgánica, así como su prioridad en la asignación de nombres.
- Principios de espectroscopía de infrarrojo y sus aplicaciones.

Apéndice II: Cuestionario

Lo propondrá el profesor.

PRÁCTICA No. 1 DETERMINACIÓN DE PUNTO DE FUSIÓN

OBJETIVOS ACADÉMICOS

- Realizar la calibración del termómetro del aparato de medición utilizado.
- Determinar los puntos de fusión de sustancias desconocidas.
- Conocer la utilidad del punto de fusión como criterio de identidad y pureza.

PROBLEMA

El alumno determinará la pureza e identificará la muestra problema que se le proporcionará a través de valores de punto de fusión.

REACTIVOS

Se utilizarán sustancias sólidas cuyos puntos de fusión estén comprendidos dentro de la escala del termómetro.

Acetona-metanol (1:1) para lavar los cubreobjetos.

EQUIPO

- 1 Aparato Fisher-Johns
- 2 cubreobjetos
- 1 Espátula de Cr-Ni de 20 cm
- 2 Tubos capilares
- 1 vidrio de reloj

DESARROLLO EXPERIMENTAL

I. CALIBRACIÓN DEL APARATO DE FISHER-JOHNS

Se proporcionan tres sustancias estándar de punto de fusión conocido, para que se determine su punto de fusión en el aparato de Fisher-Johns. Para tener mejor exactitud de la calibración del aparato y con base en el punto de fusión conocido de cada estándar, se calcula la velocidad óptima de calentamiento que debe aplicar en el reóstato del Fisher-Johns, a través de la fórmula:

$$\text{Velocidad de calentamiento} = \frac{\text{pf estimado}}{4}$$

La calibración se comienza con el estándar de menor punto de fusión, y se continúa de esta forma hasta terminar dicha calibración. Los resultados se anotan en la siguiente tabla:

Tabla 1. Puntos de fusión de los estándares usados en la calibración.

Estándar	pf °C reportado en la literatura	pf °C experimental

Se traza una gráfica de calibración del termómetro del aparato Fisher-Johns (Figura 1), colocando en las abscisas los puntos de fusión reportados en la literatura y en las ordenadas los puntos de fusión obtenidos experimentalmente. Esta gráfica se utiliza para corregir los puntos de fusión experimentales en los siguientes experimentos, localizando primero en las ordenadas el valor experimental y extrapolando hacia las abscisas para encontrar el punto de fusión corregido.

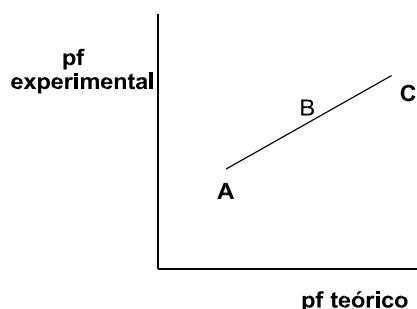


Figura 1. Gráfica para la calibración del termómetro del aparato de Fisher-Johns.

II. PROBLEMA Y PUNTO DE FUSIÓN MIXTO

- PUNTO DE FUSIÓN DE UNA SUSTANCIA PROBLEMA

Se asignan tres muestras sólidas, de las cuales dos de ellas son iguales. Para cada muestra se realizan dos determinaciones. Se colocan las tres muestras sólidas con la mínima cantidad de cada una de ellas en un cubreobjetos (Figura 2) y se cubren con otro de ellos.

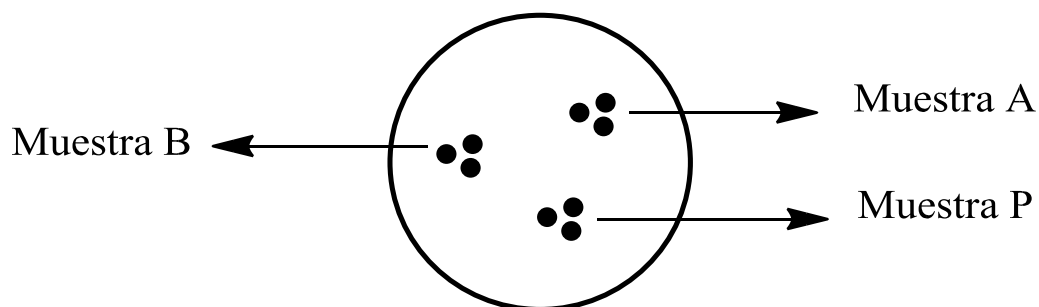


Figura 2. Determinación preliminar a una velocidad de calentamiento de 50.

La primera determinación permite conocer el punto de fusión aproximado, que se conoce como *punto de fusión estimado*, por lo cual, el reóstato del aparato de Fisher-Johns se debe colocar a una velocidad de calentamiento de 50, que es una velocidad de calentamiento intermedia.

La segunda determinación permitirá conocer el punto de fusión más exactamente, la muestra se coloca individualmente en el cubreobjetos a la velocidad de calentamiento óptima, que para este caso está dada por la fórmula:

$$\text{Velocidad de calentamiento} = \frac{\text{pf estimado}}{4}$$

Usando la gráfica de calibración se corrigen los puntos de fusión obtenidos en esta segunda determinación y se anotan en la siguiente tabla (recordando anotar los dos valores, de inicio y de término).

Tabla 2. Punto de fusión de las sustancias problema.

Sustancia	A (°C)	B (°C)	P (°C)
pf estimado (a una velocidad de 50)			
pf experimental (a la velocidad óptima)			
pf corregido (con ayuda de la gráfica)			

Una vez obtenido el punto de fusión de las muestras, se deben realizar determinaciones de punto de fusión mixto con aquellas que pudieran ser iguales para confirmar su identidad.

- PUNTO DE FUSIÓN MIXTO

Con las sustancias que pueden ser iguales se prepara una pequeña mezcla en proporción 1:1, se homogeniza en el vidrio de reloj y se coloca en el cubreobjetos, de igual forma se prepara una mezcla en una pequeña porción de las muestras que son diferentes en proporción 1:1 se homogeniza y se coloca en el mismo cubreobjetos, como se indica en la Figura 3. Es muy importante anotar los dos valores del intervalo en cada punto de fusión, puesto que la información que proporciona este intervalo es muy importante.

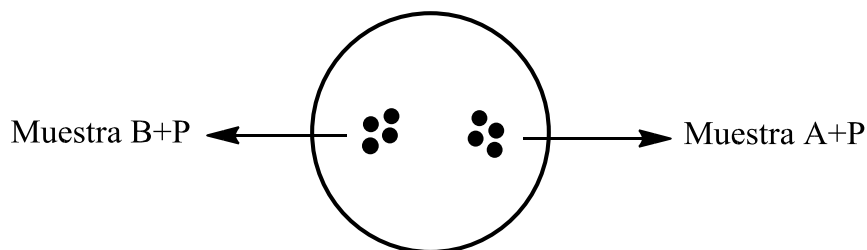


Figura 3. Punto de fusión mixto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Mayo D., Dike R., Forbes D., *Microscale Organic Laboratory: with Multistep and Multiscale Syntheses*, 5 ed., USA, Wiley, 2011.
- Brewster R. Q., van der Wert C. A., McEwen W. E., *Curso Práctico de Química Orgánica*, 2 ed., Madrid, Alhambra, 1979.
- Williamson K., Masters K., *Macroscale and Microscale Organic Experiments*, 6 ed., USA, Brooks and Cole, 2010.
- Gilbert J. C., Martin S. F., *Experimental Organic Chemistry A Miniscale and Microscale*, 5ed, Brooksand Cole, USA, 2010.
- Vogel A. I., *Practical Organic Chemistry*, 5 ed., Longman Scientific & Technical, London, 1989.
- Pavia D. L., Lampam G. M., Kriz G. S. Engel R., *A Small Scale Approach to Organic Laboratory Techniques*, 3 ed., Brooks and Cole, USA, 2011.
- Pedersen S. F., Myers A. M., *Understanding the Principles of Organic Chemistry: A Laboratory Course*, Brooks and Cole, USA, 2011.

Apéndice I: Conocimientos previos

- ¿Qué es punto de fusión?
- Factores que determinan el punto de fusión a nivel molecular.
- Valores de puntos de fusión de sustancias puras e impuras.
- ¿Qué es una mezcla eutéctica? Y los valores de punto de fusión.
- Punto de fusión de mezclas o mixto.
- Métodos y equipos para determinar el punto de fusión. Por ejemplo, Tubo de Thiele, Fisher-Johns, Thomas-Hoover, Büchi, etc.
- Técnicas de calibración de un termómetro.

Apéndice II: Cuestionario

1. ¿Qué velocidad de calentamiento es aconsejable aplicar cuando no se conoce el punto de fusión de la muestra?
2. Además del aceite de nujol es posible utilizar otros líquidos para esta misma práctica, ¿cuáles? ¿qué criterios deben tenerse en cuenta para su elección?
3. Es correcto afirmar que dos muestras de igual punto de fusión son la misma sustancia. Explique por qué sí o no.
4. ¿Cuándo se tiene una impureza esta que ocasiona el punto de fusión de una sustancia orgánica?
5. ¿Por qué debe calibrarse el termómetro del aparato de Fisher-Johns?
6. Explique si la gráfica de calibración de un aparato de Fisher-Johns puede utilizarse para trabajar en otros aparatos similares, ¿sí?, ¿no?, ¿por qué?
7. ¿Por qué fue necesario realizar la mezcla de sus muestras problema?
8. ¿Cuándo dos sólidos forman una mezcla eutéctica?

Apéndice III: Disposición de residuos

RESIDUOS	
D1. Capilares impregnados	D3. Sólidos orgánicos
D2. Metanol-acetona	D4. Cubreobjetos rotos

- **D1, D3 y D4:** Enviar a incineración.
- **D2:** Guardar los disolventes para recuperar por destilación al final del semestre.

PRÁCTICA No. 2 CRISTALIZACIÓN SIMPLE

OBJETIVOS ACADÉMICOS

- Conocer las características que debe tener un disolvente ideal para ser utilizado en una cristalización.
- Saber cuándo se debe utilizar un adsorbente como el carbón activado.
- Observar la utilidad de la solubilidad de un compuesto en diferentes disolventes y seleccionar la mejor opción para una cristalización.
- Realizar la purificación de un sólido mediante una cristalización simple.

PROBLEMA

El alumno efectuará una cristalización simple a una muestra y confirmará su purificación a través del punto de fusión.

REACTIVOS

Sustancia problema: ácido benzoico, ácido bencílico, ácido cinámico, benzoina, nipagín, acetanilida, entre otros. Sustancia problema.

Hexano	Agua destilada
Acetato de etilo	Carbón activado
Acetona	Celita
Etanol	Metanol

EQUIPO

1 Agitador de vidrio	1 Vaso de precipitados de 150 mL
1 Barra magnética de agitación	1 Vidrio de reloj
1 Embudo de vidrio sinterizado con alargadera	1 Espátula
1 Embudo de vidrio	1 Gradilla
1 Matraz Erlenmeyer de 50mL	1 Parrilla con agitación magnética
2 Matraces Erlenmeyer de 125 mL	1 Pinza de tres dedos con nuez
1 Matraz Kitasato de 125 mL con manguera	1 Pinza para tubo de ensayo
1 Pipeta de 10 mL	1 Recipiente eléctrico para baño María
1 Probeta de 25 mL	1 Recipiente de peltre
6 Tubos de ensayo 16x150 mm	1 Aparato Fisher-Johns

DESARROLLO EXPERIMENTAL

I. SOLUBILIDAD EN DISOLVENTES ORGÁNICOS.

En 6 tubos de ensayo se coloca la punta de una espátula (aproximadamente 0.1 g) de muestra problema y se adiciona 1 mL del disolvente (ver Tabla 1), se agita y se observa.

Si el sólido no se disolvió, se agrega 1 mL más y se observa con cuidado (pueden quedar impurezas insolubles). Si no se disolvió toda la muestra se repite por última vez el procedimiento hasta obtener 3 mL máximo del disolvente.

Si no se logró disolver el sólido, se puede decir que es insoluble en frío, por lo tanto, se calienta la muestra en un baño María hasta ebullición adicionando una pequeña cantidad de cuerpos de ebullición (cuerpos porosos o piedras de ebullición) y agitación constante, teniendo precaución de mantener inalterado el volumen de la solución. Si la muestra no se disolvió, se puede decir que es insoluble en caliente.

Si la muestra es soluble en caliente, se enfría a temperatura ambiente y luego en un baño de hielo-agua. Se observa si hay formación de cristales, anotando todos sus resultados en la Tabla 1.

Tabla 1. Solubilidad en disolventes orgánicos.

Disolventes	Hexano	Acetato de etilo	Acetona	Etanol	Metano I	Agua
Soluble en frío						
Soluble en caliente						
Formación de cristales						

II. CRISTALIZACIÓN SIMPLE

Conservar unos cuantos granitos de la muestra para determinar el punto de fusión al final de la cristalización y observar la comparación entre el compuesto purificado y no purificado, el resto de la muestra se pesa y se coloca en un matraz Erlenmeyer, es importante agregar una barra magnética o cuerpos de ebullición. En otro matraz Erlenmeyer se calienta el disolvente ideal con cuerpos de ebullición y se calienta (aproximadamente 30 mL como máximo). Se agrega poco a poco el disolvente ideal caliente al matraz con la muestra agitando constantemente hasta obtener una disolución total de la muestra (entre 15-20 mL de disolvente ideal), máximo 30 mL del disolvente.

Si la muestra contiene **impurezas coloridas o resinosas**, se retira el matraz de la fuente de calentamiento, se deja enfriar un poco (**¡NUNCA SE AGREGA EL CARBÓN ACTIVADO CON LA SOLUCIÓN MUY CALIENTE!**) y se agrega la cantidad necesaria de carbón activado, se adicionan cuerpos de ebullición y se calienta nuevamente a ebullición con agitación constante por 3 minutos más. El matraz se calienta por 3 minutos, cuidando de mantener constante el volumen de disolvente. Para eliminar las impurezas insolubles y el carbón activado (si se usó), entonces, **se filtra en caliente** (filtración rápida). El embudo de vidrio y el matraz en el que se recibirá el filtrado se deben calentar previamente (algunas ocasiones, el filtrado queda con restos de carbón activado como polvo muy fino, en este caso, es necesario calentar nuevamente la solución y se filtra con una capa de celita). Este

paso debe hacerse rápidamente, para evitar que el producto cristalice en el embudo de vidrio. Para filtrar en caliente, se dobla el papel filtro como se observa en la Figura 1.

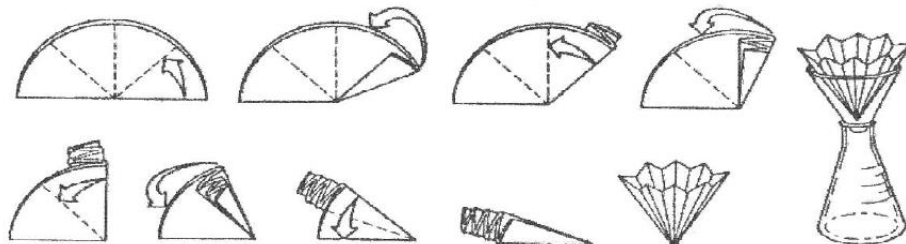


Figura 1. Doblado de papel filtro para filtración rápida.

El embudo se coloca sobre el matraz dejando un hueco entre ambos para que “respire” (Figura 2). El papel filtro se humedece con un poco con el disolvente ideal caliente y se filtra rápidamente. El matraz y el papel filtro se enjuagan con un poco del disolvente caliente (2 a 3 mL).

Se deja enfriar el filtrado a temperatura ambiente y luego en un baño de hielo-agua para que se formen los cristales, si esto no ocurre, se debe **inducir la cristalización**.

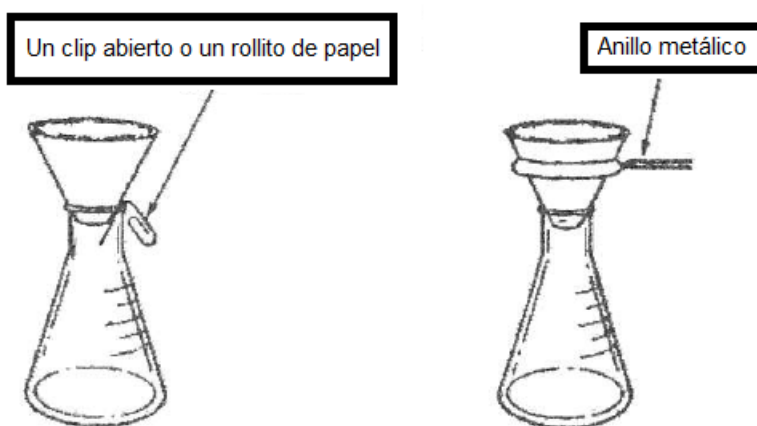


Figura 2. Maneras para crear un espacio entre el embudo y el matraz para que “respire” el sistema al filtrar.

Para inducir la cristalización:

- **Enfriando la solución.** Se deja que la solución se enfríe un poco y posteriormente se coloca después en un baño de hielo-agua.
- **Raspado de paredes.** Se talla con una espátula o una varilla de vidrio las paredes del matraz (en la interfaz solución aire) y enfriando el matraz en un baño de hielo-agua.
- **Evaporando el exceso de disolvente.** Si no cristaliza, posiblemente se deba a que hay un exceso de disolvente; en tal caso, se agregan cuerpos de ebullición y se evapora parte del disolvente. Nuevamente se retira de la fuente de calentamiento y se tallan las paredes con una espátula.
- **Sembrado de cristales.** Algunas veces, es necesario adicionar a la solución algunos cristales de la sustancia pura, y repetir el procedimiento de tallar y enfriar.

Una vez formados los cristales, se separan del disolvente madre por **filtración al vacío**. Para esto, se sujeta el matraz Kitasato con unas pinzas (para evitar que se caiga) y se conecta a la llave de vacío con una manguera. Dentro del embudo Büchner se coloca un círculo de papel filtro, cuidando que ajuste perfectamente y se coloca sobre el Kitasato con ayuda de un adaptador de hule. Se humedece el papel filtro con un poco del disolvente ideal frío, se abre la llave del vacío suavemente, sólo a que se fije el papel y se vierte el contenido del matraz de cristalización (primero se agita un poco el matraz Erlenmeyer y se vierte la solución de forma rápida para pasar la mayor cantidad de cristales). Para terminar de bajar los cristales, se puede utilizar una pequeña cantidad del mismo disolvente ideal frío (máximo 3 mL), con ayuda de la espátula.

Para secar los cristales, se deja que termine de filtrar la mayor parte del disolvente, una vez que deje de gotear, se cierra la llave del vacío y se retira el embudo Büchner; el líquido filtrado del Kitasato (disolvente madre) se pasa a un matraz Erlenmeyer y se vuelve a colocar el embudo y esta vez se abre toda la llave del vacío, para permitir que los cristales se sequen, colocando el vidrio de reloj encima del embudo Büchner para que este proceso sea más rápido.

Cuando el disolvente madre contienen aún bastante material, se realiza una **segunda cosecha**, el filtrado se concentra por ebullición, eliminando así el disolvente en exceso y volviendo a inducir la cristalización. Esta segunda cosecha generalmente es menos pura que la primera y no se deben mezclar, pero si se toma en cuenta para calcular el rendimiento. Se pesa el material obtenido y se le determina el punto de fusión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Mayo D., Dike R., Forbes D., *Microscale Organic Laboratory: with Multistep and Multiscale Syntheses*, 5 ed., USA, Wiley, 2011.
- Brewster R. Q., van der Wert C. A., McEwen W. E., *Curso Práctico de Química Orgánica*, 2 ed., Madrid, Alhambra, 1979.
- Williamson K., Masters K., *Macroscale and Microscale Organic Experiments*, 6 ed., USA, Brooks and Cole, 2010.
- Fessenden R. J., Fessenden J. S., *Organic Laboratory Techniques*, 3 ed., Brooks and Cole, USA, 2001.
- Gilbert J. C., Martin S. F., *Experimental Organic Chemistry A Miniscale and Microscale*, 5 ed., Brooks and Cole, USA, 2010.
- Vogel A. I., *Practical Organic Chemistry*, 5 ed., Longman Scientific & Technical, London, 1989.
- Pavia D. L., Lampam G. M., Kriz G. S. Engel R., *A Small Scale Approach to Organic Laboratory Techniques*, 3 ed., Brooks and Cole, USA, 2011.
- Pedersen S. F., Myers A. M., *Understanding the Principles of Organic Chemistry: A Laboratory Course*, Brooks and Cole, USA, 2011.
- Armarego W. L. F., Chai C., *Purification of Laboratory Chemicals*, 6 ed., British, USA, 2009.

Apéndice I: Conocimientos previos

- Disolvente ideal:
 - a) Solubilidad como fenómeno físico.

- b) Relación entre solubilidad y estructura molecular.
- c) Disolventes orgánicos.
- d) Propiedades físicas de los disolventes.
- e) Solubilidad, polaridad y orden de polaridad de los disolventes.
- f) Solvatación e hidratación.
- Cristalización:
 - a) Fundamentos de cristalización.
 - b) Selección de disolvente ideal.
 - c) Secuencia para realizar una cristalización simple con o sin carbón activado.
 - d) Métodos para inducir una cristalización.
 - e) Tipos de adsorbentes y fenómeno de adsorción.
 - f) Soluciones saturadas y sobresaturadas.
 - g) Diversos tipos de filtración.
 - h) Secado de productos cristalizados.
- Estructura, propiedades físicas, propiedades químicas, riesgos a la salud y de inflamabilidad y acciones en caso de emergencia de los productos químicos a utilizar.

Apéndice II: Cuestionario

1. ¿Cuándo un disolvente es ideal para efectuar una cristalización?
2. ¿Qué función cumple el carbón activado en una cristalización?
3. Con los resultados obtenidos, ¿cuál es el grado de polaridad de su muestra problema?
4. ¿Qué cualidades debe cumplir un disolvente ideal para ser utilizado en una cristalización?
5. ¿Por qué razón deben calentarse el embudo de vidrio y el matraz donde se recibe el filtrado?
6. ¿De qué manera puede saber el grado de pureza de un sólido recristalizado?
7. Enumerar y describir brevemente, el número de paso para llevar a cabo una recristalización adecuadamente.
8. ¿Por qué no es aconsejable adicionar carbón activado sobre una solución cercana al punto de ebullición del disolvente?

Apéndice III.- Disposición de residuos

RESIDUOS	
D1. Hexano	D6. Agua
D2. Acetato de etilo	D7. Papel filtro, algodón, celita
D3. Acetona	D8. Cobre-objetos rotos
D4. Etanol	D9. Acetona/metanol
D5. Metanol	

- **D1-D6, D9:** Recuperar por destilación al final del semestre.
- **D7-D8:** Empacar y enviar a incineración.

PRÁCTICA No. 4 DESTILACIÓN SIMPLE Y FRACCIONADA

OBJETIVOS CADÉMICOS

- Conocer el procedimiento de una destilación simple y una fraccionada, así como sus características y los factores que intervienen en ellas.
- Separar los componentes de una mezcla binaria por medio de una destilación simple o fraccionada.
- Elegir la técnica de destilación más adecuada, en función de la naturaleza del líquido o mezcla de líquidos que se van a destilar.

PROBLEMA

El alumno separará los componentes principales de una bebida alcohólica mediante una destilación simple y una fraccionada y establecerá cual método es mejor para su separación.

REACTIVOS

Muestra problema: 30 mL de una bebida alcohólica que traerá el estudiante

EQUIPO

1	Colector	1	Refrigerante para agua con mangueras
1	Columna Vigreux	1	T de destilación
1	Embudo de vidrio	1	Termómetro de -10-260 °C
1	Matraz Erlenmeyer de 50 mL	1	Barra de agitación magnética
1	Matraz de fondo plano de 25 mL	1	Parrilla con agitación magnética
1	Portatermómetro	2	Pinzas de tres dedos con nuez
2	Probetas de 25 mL	1	Espátula
1	Recipiente de peltre		

DESARROLLO EXPERIMENTAL

I. DESTILACIÓN FRACCIONADA DE UNA MEZCLA.

NOTA: Se deben engrasar con vaselina (utilizar la mínima cantidad) todas las juntas esmeriladas correspondientes al equipo de destilación.

En un matraz bola de fondo plano de 25 mL se coloca la barra de agitación magnética y con la ayuda de un embudo de vidrio se adicionan 10 mL de la mezcla problema, con una pinza de tres dedos se sujeta el cuello del matraz cuidando que quede bien colocado sobre la parrilla.

Se coloca la columna Vigreux cubriéndola con un poco de fibra de vidrio, un trapo o aluminio, enseguida se coloca la T de destilación como se observa en la Figura 1, con otra pinza de tres dedos se sujeta el refrigerante y el colector, las fracciones del destilado se colectan en la probeta (Figura 1). Finalmente se coloca el portatermómetro junto con el termómetro como se indica en la Figura 1. Cuando el equipo este completamente montado se enciende la agitación de la parrilla y después se inicia el calentamiento, dejando de 1 a 2 mL de cola de destilación.

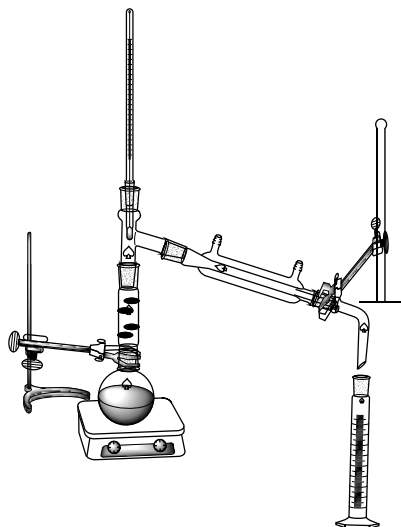


Figura 1. Equipo de destilación fraccionada.

Se anota la temperatura de destilación por cada medio mililitro obtenido en la Tabla 1. Con base en las variaciones de temperatura se deben separar cabeza, primer componente (cuerpo), fracción intermedia (cola de primer componente y cabeza del segundo componente), segundo componente (cuerpo) y finalmente la cola de destilación.

Tabla 1. Destilación fraccionada de una mezcla.

Volumen del destilado (mL)	Temperatura de destilación (°C)	Volumen del destilado (mL)	Temperatura de destilación (°C)
0.5		5.5	
1		6	
1.5		6.5	
2		7	
2.5		7.5	
3		8	
3.5		8.5	
4		9	
4.5		9.5	

5		10	
---	--	----	--

Tabla 2. Resumen de resultados.

Fracción de la destilación	Temperaturas de destilación (°C)	Volumen (mL)
Cabeza		
1 ^{er} Componente		
Fracción intermedia		
2 ^o Componente		
Cola		

II. DESTILACIÓN SIMPLE DE UNA MEZCLA

Para esta parte de la práctica utilizar 10 mL de la mezcla problema la cual se adicionará al mismo matraz bola de 50 mL sin necesidad de lavarlo. Se realiza nuevamente el montado del equipo **sin colocar la columna Vigreux** (Figura 2), una vez montado el equipo se agita y se comienza el calentamiento, dejando de 1 a 2 mL de cola de destilado.

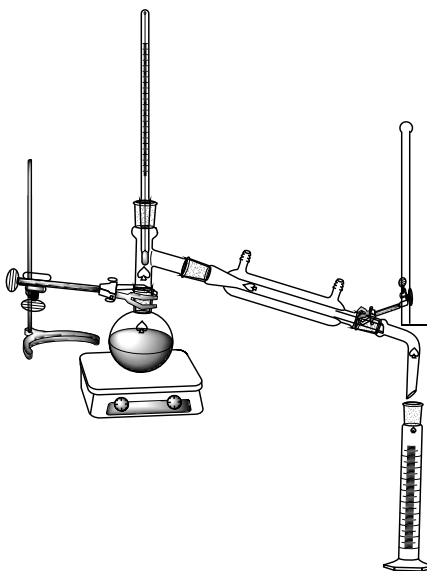


Figura 2. Equipo de destilación simple.

De acuerdo con las variaciones de temperatura por cada mililitro de destilado, se deben separar las tres fracciones de la destilación anotando los resultados en las Tablas 1 y 2 para esta destilación

Tabla 3. Destilación fraccionada de una mezcla.

Volumen del destilado (mL)	Temperatura de destilación (°C)	Volumen del destilado (mL)	Temperatura de destilación (°C)
0.5		5.5	
1		6	
1.5		6.5	
2		7	
2.5		7.5	
3		8	
3.5		8.5	
4		9	
4.5		9.5	
5		10	

Con los resultados obtenidos se trazan dos gráficas en papel milimétrico o en Excel, una para cada tipo de destilación, colocando en las abscisas los volúmenes del destilado y en las ordenadas las temperaturas de destilación. Observando estas gráficas se puede determinar la mejor para la separación de la mezcla usada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Mayo D., Dike R., Forbes D., *Microscale Organic Laboratory: with Multistep and Multiscale Syntheses*, 5 ed., USA, Wiley, 2011.
- Williamson K., Masters K., *Macroscale and Microscale Organic Experiments*, 6 ed., USA, Brooks and Cole, 2010.
- Fessenden R. J., Fessenden J. S., *Organic Laboratory Techniques*, 3 ed., Brooks and Cole, USA, 2001.
- Gilbert J. C., Martin S. F., *Experimental Organic Chemistry A Miniscale and Microscale*, 5 ed., Brooks and Cole, USA, 2010.
- Vogel A. I., *Practical Organic Chemistry*, 5 ed., Longman Scientific & Technical, London, 1989.
- Pavia D. L., Lampam G. M., Kriz G. S. Engel R., *A Small Scale Approach to Organic Laboratory Techniques*, 3 ed., Brooks and Cole, USA, 2011.
- Pedersen S. F., Myers A. M., *Understanding the Principles of Organic Chemistry: A Laboratory Course*, Brooks and Cole, USA, 2011.
- Armarego W. L. F., Chai C., *Purification of Laboratory Chemicals*, 6 ed., British, USA, 2009.

Apéndice I: Conocimientos previos

- Diagramas de composición líquido-vapor.
- Características y diferencias de la destilación simple y fraccionada.
- Como funciona una columna de destilación fraccionada.
- Concepto de plato teórico y número de platos teóricos.
- Mezclas azeotrópicas.
- Ley de Raoult.
- Estructura, propiedades físicas, propiedades químicas, riesgos a la salud y de inflamabilidad y acciones en caso de emergencia de los productos químicos a utilizar.

Apéndice II: Cuestionario

1. Compare los resultados experimentales de las destilaciones y diga tres razones de aquella que le pareció más eficaz.
2. ¿Cuándo es recomendable utilizar destilación simple y cuándo la destilación fraccionada?
3. ¿Qué criterio siguió para separar las diferentes fracciones durante las destilaciones? Explique.
4. ¿Se podría separar por destilación simple una mezcla de dos líquidos de puntos de ebullición de 55 °C y 76 °C? y ¿por destilación fraccionada? Finalmente, ¿qué líquido se obtendría primero?
5. ¿Qué finalidad tiene el plato teórico?
6. ¿Qué establece la Ley de Raoult?
7. ¿Qué finalidad tiene conectar el agua a contracorriente en el refrigerante?
8. ¿Cómo separaría los componentes de una mezcla de carbón activado, acetona y agua?
9. Para una destilación fraccionada de dos componentes líquidos de punto de ebullición diferentes, ¿cómo son las composiciones de los líquidos en la parte superior de la columna Vigreux en comparación con los de la parte inferior?

Apéndice III Disposición de residuos

RESIDUOS
D1. Cabeza y cola de destilación

- **D1:** Hacer prueba de compatibilidad para enviar a incineración.

PRÁCTICA No 6 CROMATOGRAFÍA EN CAPA FINA

OBJETIVOS ACADÉMICOS

- Conocer la técnica de cromatografía en capa fina, sus características y los factores que en ella intervienen.
- Observar la relación que existe entre la polaridad de las sustancias que se analizan y la de los eluyentes utilizados.
- Emplear la técnica de cromatografía en capa fina como criterio de pureza e identificación de sustancias.

PROBLEMAS

El alumno elaborará cromatoplasmas y las eluirá para observar:

- El efecto de la cantidad de muestra aplicada.
- El efecto del uso de eluyentes de diferente polaridad en la distancia recorrida por las muestras usadas, establecer la polaridad de éstas con los resultados obtenidos.
- El efecto de la presencia de Impurezas en las muestras usadas.
- La identificación de un principio activo en diferentes medicamentos.

REACTIVOS

Gel de sílice 60 HF₂₅₄ para ccf

Acetona

Benzoina

Acetato de etilo

Ácido acetilsalicílico

Hexano

Cafeína

Metanol

Muestra problema: 2 tableta de algún medicamento que contenga paracetamol que traerán por grupo.

EQUIPO

3	Frascos para cromatografía con tapa	1	Tubo capilar
6	Portaobjetos	1	Vidrio de reloj
2	Probetas de 25 mL	1	Espátula
1	Frasco vial		

ADICIONAL

- | | | | |
|---|--|---|----------------|
| 1 | Lámpara de luz UV, onda larga y onda corta | 1 | Cámara de yodo |
| 1 | Cámara oscura para lámpara de luz UV | | |

DESARROLLO EXPERIMENTAL

I. PREPARACIÓN DE CAPILARES

Para aplicar las soluciones a las cromatoplasmas se utilizan capilares, que previamente deben ser estirados en la flama de un encendedor, con el fin de que tengan el diámetro adecuado (Figura 1).

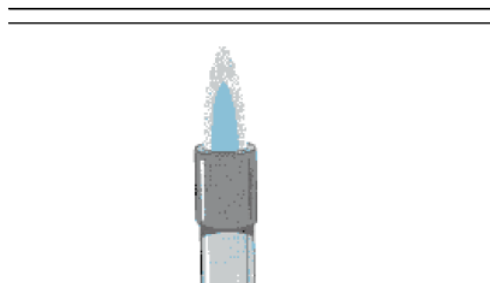


Figura 1. Preparación de capilares.

Para mayor claridad de los resultados, se deben incluir en el informe los dibujos de las cromatoplas a tamaño natural de todos los experimentos de esta sesión.

II. APLICACIÓN DE LA MUESTRA Y EFECTO DE LA CANTIDAD DE MUESTRA

Se prepara la cámara de elución se coloca 2 mL de acetato de etilo, se tapa para que se humedezca completamente la cámara de elución (Figura 2).

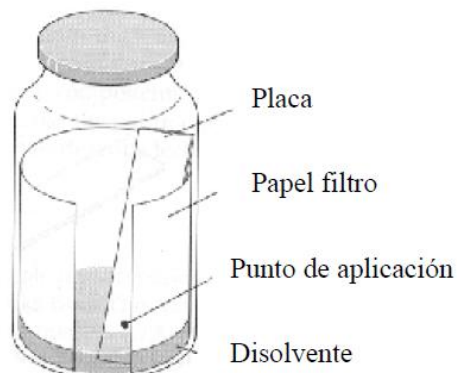


Figura 2. Desarrollo de la cromatoplasa.

Para preparar la cromatoplasa con las muestras se marcan los 3 puntos de aplicación y se aplica con ayuda de un capilar una pequeña cantidad de la solución (**1**) en cada una de ellas 1, 3 y 9 aplicaciones (Figura 3) al borde inferior a 1 cm aproximadamente previamente marcado.

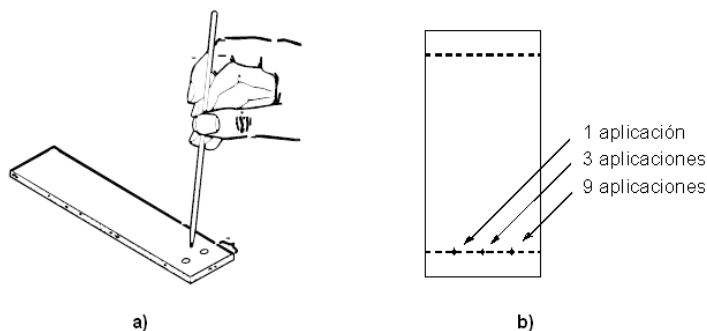


Figura 3. a) Aplicación de la muestra en la cromatoplasa, **b)** Número de aplicaciones.

Una vez que se realizó lo anterior se introduce la cromatoplaaca a la cámara de elución. Cuando la cromatoplaaca esté dentro de la cámara, no se debe mover la cámara de elución, cuando el frente de eluyente esté casi en el borde superior de la capa de gel de sílice, se abre el frasco con cuidado y se retira la cromatoplaaca, se marca el frente del eluyente con un lápiz fino. La cromatoplaaca se coloca en una hoja de papel, donde se anotarán los datos y se deja secar al aire. Para visualizar la cromatoplaaca, se revelará primero con una lámpara de luz UV (Figura 4) marcando el contorno de cada una de las manchas observadas con un lápiz fino y luego introduciendo la placa en una cámara de yodo.

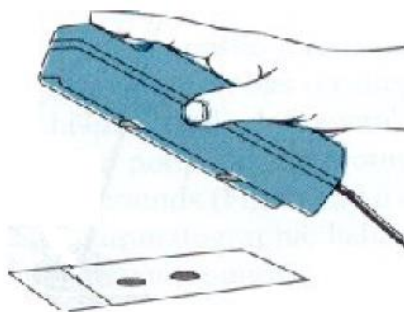


Figura 4. Revelado con luz UV.

III. POLARIDAD DE LAS SUSTANCIAS

Para comprobar la polaridad de las sustancias se colocan ahora las soluciones **(2)** y **(3)**. Se preparan tres cromatoplaacas y se colocan 3 aplicaciones de las soluciones en cada una de ellas (Figura 5).

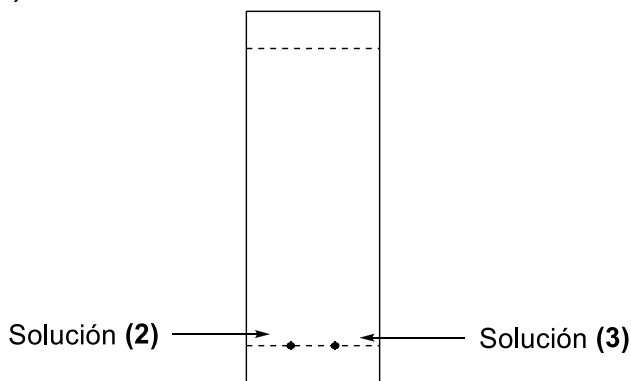


Figura 5. Polaridad.

La primera cromatoplaaca se eluye con hexano, la segunda con acetato de etilo (AcOEt) y la tercera con metanol (MeOH), No olvidar colocar 2 mL de cada eluyente en la cámara de elución respectivamente.

En cada caso, se deja evaporar el eluyente y se revela con luz UV, se observan y se anotan los resultados (se calculan los R_f de cada compuesto en los diferentes eluyentes). Se deben anotar las observaciones.

IV. PUREZA DE LAS SUSTANCIAS

Se desea saber de las sustancias **(4)** y **(5)** cuál es pura y cuál es impura. Se prepara una cromatoplaaca y se aplica en ella ambas soluciones, como se observa en la Figura 6.

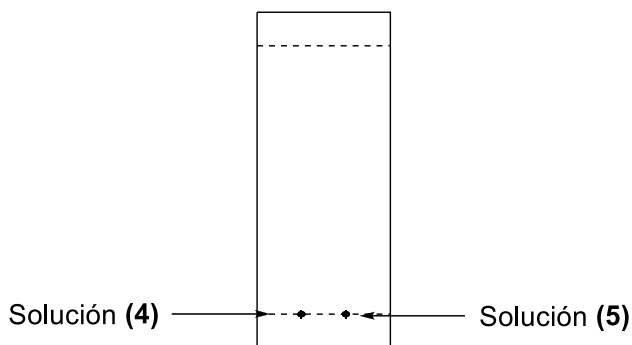


Figura 6. Pureza.

Se eluye con AcOEt y se deja secar. Se revela con luz UV y después con yodo. Se anotan los resultados y observaciones.

V. LA CROMATOGRAFÍA EN CAPA FINA COMO CRITERIO PARCIAL DE IDENTIFICACION.

Se desea identificar los componentes de algunos medicamentos utilizando la técnica de cromatografía en capa fina comparándolas con una muestra patrón. En este caso se puede utilizar una tableta de Sedalmerck®, Agrifen® ó Excedrin® (paracetamol y cafeína), pero pueden usarse otros medicamentos que contengan paracetamol o cafeína.

Las soluciones se preparan moliendo una tableta de cada medicamento. En un frasco vial se coloca la tableta molida y se adicionan 3 mL de acetato de etilo y se agita con cuidado para no derramar la muestra, se deja reposar por 5 minutos para que se sedimente el excipiente y se marcan como Muestra 1 y Muestra 2.

En una cromatoplaqa se aplican las disoluciones usando una sustancia patrón de cafeína como se muestra en la Figura 7.

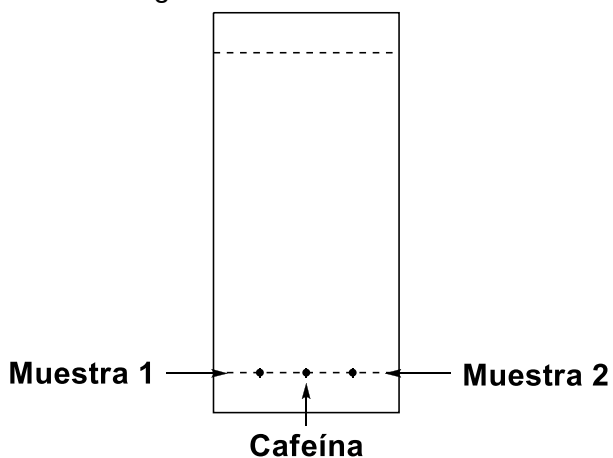


Figura 7. Identificación.

Se eluyen la cromatoplaqa en acetato de etilo, se dejan secar, se revelan con luz UV y después con yodo anotando los resultados observados de cada una de las cromatoplaqas realizadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Mayo D., Dike R., Forbes D., *Microscale Organic Laboratory: with Multistep and Multiscale Syntheses*, 5 ed., USA, Wiley, 2011.
- Williamson K., Masters K., *Macroscale and Microscale Organic Experiments*, 6 ed., USA, Brooks and Cole, 2010.
- Pasto D. J., Johnson C. R., Miller M. J., *Experiments and Techniques in Organic Chemistry*, Prentice Hall, 1992.
- Fessenden R. J., Fessenden J. S., *Organic Laboratory Techniques*, 3 ed., Brooks and Cole, USA, 2001.
- Gilbert J. C., Martin S. F., *Experimental Organic Chemistry A Miniscale and Microscale*, 5 ed., Brooks and Cole, USA, 2010.
- Vogel A. I., *Practical Organic Chemistry*, 5 ed., Longman Scientific & Technical, London, 1989.
- Pavia D. L., Lampam G. M., Kriz G. S. Engel R., *A Small Scale Approach to Organic Laboratory Techniques*, 3 ed., Brooks and Cole, USA, 2011.
- Pedersen S. F., Myers A. M., *Understanding the Principles of Organic Chemistry: A Laboratory Course*, Brooks and Cole, USA, 2011.
- Armarego W. L. F., Chai C., *Purification of Laboratory Chemicals*, 6 ed., British, USA, 2009.

Apéndice I: Conocimientos previos

- Concepto de cromatografía. Tipos de cromatografía de adsorción y cromatografía de partición. Ejemplos.
- Fenómeno de adsorción. La propiedad de retención. Concepto de R_f.
- La cromatografía en capa fina. Sus características y aplicaciones.
- Eluyentes, soportes y reveladores más comunes para la cromatografía en capa fina.
- Factores que influyen en una separación por cromatografía de capa fina.
- Estructura, propiedades físicas, propiedades químicas, riesgos a la salud y de inflamabilidad y acciones en caso de emergencia de los productos químicos a utilizar.

Apéndice II: Cuestionario

1. ¿Cómo se elige el eluyente para cromatografía en capa fina?
2. ¿Por qué se dice que la cromatografía en capa fina es un criterio parcial y no total de identificación?
3. ¿Cuál será el resultado de los siguientes errores en cromatografía en capa fina?
 1. Aplicación de solución muy concentrada.
 2. Utilizar eluyente de alta polaridad.
 3. Emplear gran cantidad de eluyente en la cámara de cromatografía.
4. El valor del R_f ¿depende del eluyente utilizado?
5. Qué significa que una sustancia tenga:
 1. $R_f < 0.5$
 2. $R_f = 0.5$
 3. $R_f > 0.5$

Apéndice III: Disposición de residuos

RESIDUOS	
D1. Capilares	D5. Hexano-acetato de etilo
D2. Hexano	D6. Gel de sílice para ccf
D3. Acetato de etilo	D7. Papel filtro y muestra problema
D4. Metanol	

- **D1 y D7:** Empacar cuidadosamente para incineración.
- **D2 a D4:** Recuperar por destilación al final del semestre.
- **D5:** Hacer pruebas de compatibilidad para enviar a incineración.
- **D6:** Se puede recuperar para usarla nuevamente, previo lavado y secado.

PRÁCTICA No 8 EXTRACCIÓN CON DISOLVENTES ORGÁNICOS Y ACTIVOS

OBJETIVOS ACADÉMICOS

- Emplear la técnica de extracción como método de separación y purificación de compuestos integrantes en una mezcla.
- Realizar la purificación de una mezcla de compuestos a través de una extracción con disolventes activos.
- Diferenciar entre una extracción con disolventes orgánicos y una con disolventes activos.

PROBLEMAS

- El alumno establecerá las diferencias de la extracción simple y múltiple en la separación de yodo de una muestra acuosa.
- El alumno separará los componentes de una muestra aprovechando las propiedades ácido-base de sus componentes.

REACTIVOS

Acetona	Cloruro de sodio
Cloruro de metileno	Solución de hidróxido de sodio al 10% (m/V)
Acetato de etilo	Solución de hidróxido de sodio al 40% (m/V)
Naftaleno	Solución de ácido clorhídrico al 10% (V/V)
Benzocaína	Ácido clorhídrico concentrado
Ácido benzoico	Disolución acuosa yodo-yodurada
Sulfato de sodio anhidro	

EQUIPO

1 Agitador de vidrio	1 T de destilación
1 Colector	9 Tubos de ensayo de 16x150 mm
1 Embudo de vidrio sinterizado con alargadera	2 Vasos de precipitados de 100 mL
1 Embudo de separación Quickfit con tapón	2 Vasos de precipitados de 250 mL
1 Embudo de vidrio	1 Vidrio de reloj
2 Matraces Erlenmeyer de 50 mL	1 Espátula
2 Matraces Erlenmeyer de 125 mL	1 Gradilla
1 Matraz Kitasato de 125 mL con manguera	3 Pinzas de tres dedos con nuez
1 Matraz redondo de fondo plano de 25 mL	1 Pinza para tubo de ensayo
1 Pipeta de 10 mL	1 Parrilla con agitación magnética

- | | |
|--|--|
| 1 Barra de agitación magnética | 1 Recipiente eléctrico para baño María |
| 2 Probetas de 25 mL | 1 Recipiente de peltre |
| 1 Refrigerante para agua con mangueras | |

DESARROLLO EXPERIMENTAL

I. EXTRACCIÓN CON DISOLVENTES ORGÁNICOS

Se utiliza un embudo de separación para realizar las diferentes técnicas de extracción. Para ello se debe sujetar el embudo de separación a un soporte con ayuda de una pinza de tres dedos. Cerciórese de que la llave este cerrada (si la llave es de vidrio se debe engrasar un poco) antes de agregar cualquier disolvente. Una vez que se colocan los disolventes se debe cerrar con el tapón el embudo y se agita moderadamente. Disminuya la presión interna del embudo abriendo con cuidado la llave después de cada agitación Figura 1.

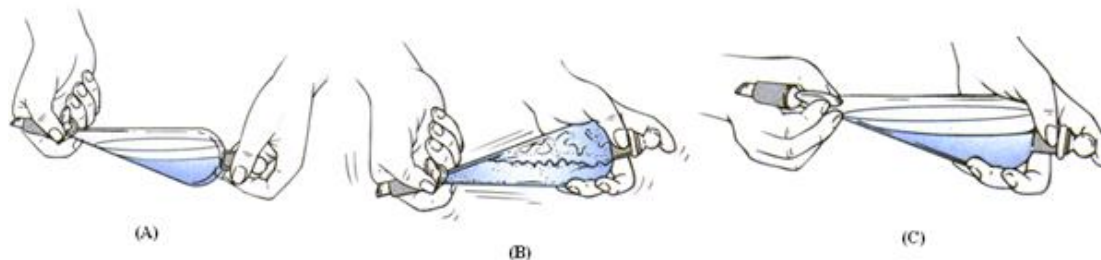


Figura 1. (A) Toma del embudo de separación, **(B)** Agitación del embudo de separación y **(C)** Liberación de la presión del embudo de separación.

Se coloca el embudo de nueva cuenta en la pinza de tres dedos y se deja reposar hasta que se observe la separación de las fases (Figura 2).

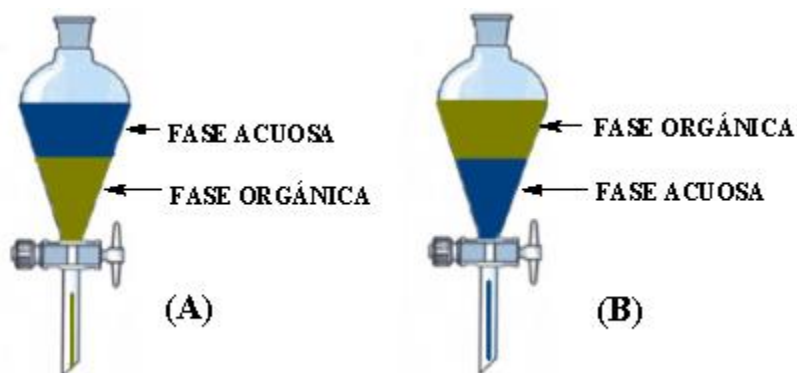


Figura 2. Separación por densidad de las fases y decantación: **(A)** Disolventes halogenados, **(B)** Disolventes no halogenados.

Con base a la información de la Tabla 1, se selecciona el disolvente adecuado para realizar la extracción de yodo.

Tabla 1. Solubilidad de disolventes orgánicos en agua.

Disolvente	Densidad (g/mL)	Punto de ebullición (°C)	Solubilidad en g/100 mL de H ₂ O
Etanol	0.785	78.4	∞
Diclorometano	1.32	39	2 ²⁰ (a)
Acetona	0.792	56.5	∞

(a) El valor 2²⁰ significa que 2 g de cloruro de metileno son solubles en 100 mL de agua a una temperatura de 20°C.

i. EXTRACCIÓN SIMPLE

12 mL de una solución yodo-yodurada se colca en el embudo de separación con la llave cerrada y se adicionan 12 mL del disolvente orgánico seleccionado, se realiza la extracción y se colocan ambas fases en tubos de ensayo y se deja en la gradilla.

ii. EXTRACCIÓN MÚLTIPLE

Nuevamente se colocan 12 mL de la solución yodo-yodurada en el embudo de separación con la llave cerrada y se adiciona el disolvente orgánico seleccionado dividido en tres porciones de 4 mL, se realiza la extracción y se coloca cada una de las fases orgánicas en tres tubos de ensayo y déjelos en la gradilla.

Se anotan las observaciones indicando cuál de los dos procedimientos permite extraer mayor cantidad de yodo de acuerdo con el color observado tanto en las fases orgánicas como en las acuosas de ambos tipos de extracción.

II. EXTRACCIÓN SELECTIVA CON DISOLVENTES ACTIVOS

Primero se diseña un diagrama de separación para una mezcla que contiene un compuesto ácido, un básico y un neutro.

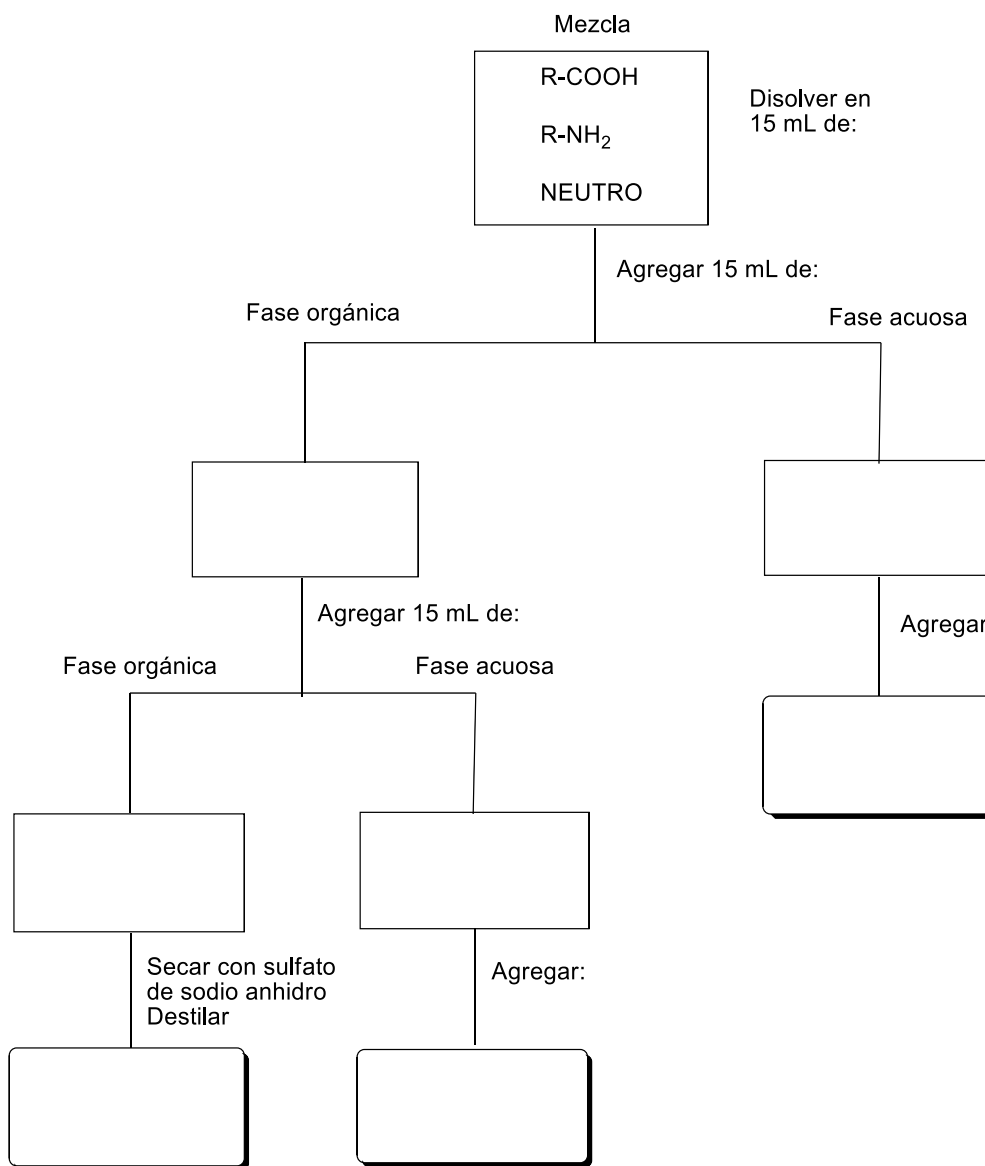


Figura 3. Diagrama de separación: ácido, base, neutro.

Se disuelven 0.6 g de una mezcla problema en 15 mL de acetato de etilo y se separan conforme al diagrama que se diseñó previamente. Después de realizar la separación de cada uno de los componentes de la mezcla, se llena la Tabla 2 con los datos experimentales.

NOTA: Para las extracciones deben utilizarse las disoluciones al 10 % de NaOH y HCl , las concentradas se usarán para recuperar por precipitación la base y el ácido, si existen en la muestra problema.

Tabla 2. Porcentaje de cada compuesto en la mezcla problema.

Compuesto	Masa (g)	Rendimiento %
Ácido		
Base		
Neutro		

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Mayo D., Dike R., Forbes D., *Microscale Organic Laboratory: with Multistep and Multiscale Syntheses*, 5 ed., USA, Wiley, 2011.
- Brewster R. Q., van der Wert C. A., McEwen W. E., *Curso Práctico de Química Orgánica*, 2 ed., Madrid, Alhambra, 1979.
- Williamson K., Masters K., *Macroscale and Microscale Organic Experiments*, 6 ed., USA, Brooks and Cole, 2010.
- Pasto D. J., Johnson C. R., Miller M. J., *Experiments and Techniques in Organic Chemistry*, Prentice Hall, 1992.
- Fessenden R. J., Fessenden J. S., *Organic Laboratory Techniques*, 3 ed., Brooks and Cole, USA, 2001.
- Gilbert J. C., Martin S. F., *Experimental Organic Chemistry A Miniscale and Microscale*, 5 ed., Brooks and Cole, USA, 2010.
- Vogel A. I., *Practical Organic Chemistry*, 5 ed., Longman Scientific & Technical, London, 1989.
- Pavia D. L., Lampam G. M., Kriz G. S., Engel R., *A Small Scale Approach to Organic Laboratory Techniques*, 3 ed., Brooks and Cole, USA, 2011.
- Pedersen S. F., Myers A. M., *Understanding the Principles of Organic Chemistry: A Laboratory Course*, Brooks and Cole, USA, 2011.
- Armarego W. L. F., Chai C., *Purification of Laboratory Chemicals*, 6 ed., British, USA, 2009.

Apéndice I: Conocimientos previos

1. Concepto de coeficiente de distribución o de reparto.
2. Métodos de extracción: simple, múltiple y selectiva.
3. Características físicas y químicas de los disolventes orgánicos y activos.
4. Reacciones ácido-base ocurridas al extraer compuestos con disolventes activos.
5. ¿Qué es una emulsión? Diversas formas de romper una emulsión.
6. ¿Qué es un agente desecante? Ejemplos de agentes desecantes.
7. Diseño de diferentes diagramas de separación de mezclas: ácido/base/neutro, ácido/base, ácido/neutro y base/neutro.
8. Estructura, propiedades físicas, propiedades químicas, riesgos a la salud y de inflamabilidad y acciones en caso de emergencia de los productos químicos a utilizar.

Apéndice II: Cuestionario

1. Diga cuál de los siguientes sistemas de disolventes son factibles para la extracción. Explique también de acuerdo con su densidad, en qué parte del embudo quedarían ubicados cada uno de los disolventes.
 1. Etanol-agua
 2. Tolueno-agua
 3. Ácido sulfúrico-agua
 4. Diclorometano-agua
2. Con base en los resultados experimentales, ¿cuál es la mejor técnica de extracción: la simple o la múltiple? Fundamente su respuesta.
3. Diseñe un diagrama de separación para la mezcla de *p*-(trifluorometoxi)anilina, ácido 4-(4-metoxifenoxi)benzoico y 1-bromo-3,5-dimetoxibenceno.
4. ¿Cómo se puede eliminar una emulsión?
5. ¿Por qué se debe de liberar la presión al agitar el embudo de separación?
6. ¿En qué casos debe utilizarse la extracción selectiva?
7. ¿En qué casos debe utilizarse la extracción múltiple?
8. ¿Por qué el compuesto neutro debe obtenerse por destilación del disolvente en el que se encuentra y no por cristalización en dicho disolvente?

Apéndice III: Disposición de residuos

RESIDUOS	
D1. Cloruro de metileno	D6. Residuos básicos
D2. Papel filtro, algodón	D7. Sulfato de sodio húmedo
D3. Agua yodo-yodurada	D8. Metanol/acetona
D4. Acetato de etilo	D9. Cubre objetos rotos
D5. Residuos ácidos	

- **D1 D 4 y D8:** Recuperar por destilación al final del semestre.
- **D2 y D9:** Empacar para incineración.
- **D3:** Adsorber con carbón activado y desechar neutro.
- **D5 y D6:** Deben neutralizarse y desecharse al drenaje.
- **D7:** Secar y empacar para incineración. Si está limpio se puede usar nuevamente.

PRÁCTICA No 10 ISOMERÍA GEOMÉTRICA

OBJETIVOS ACADÉMICOS

- Realizar una reacción de isomerización utilizando calentamiento mediante reflujo.
- Llevar a cabo la transformación del anhídrido maleico al ácido fumárico mediante catálisis ácida.
- Comprobar la formación del producto mediante valores de punto de fusión.

PROBLEMA

El alumno obtendrá al ácido fumárico y lo identificará mediante algunas de las técnicas aprendidas con anterioridad.

REACTIVOS

Anhídrido maleico

Agua destilada

Ácido maleico

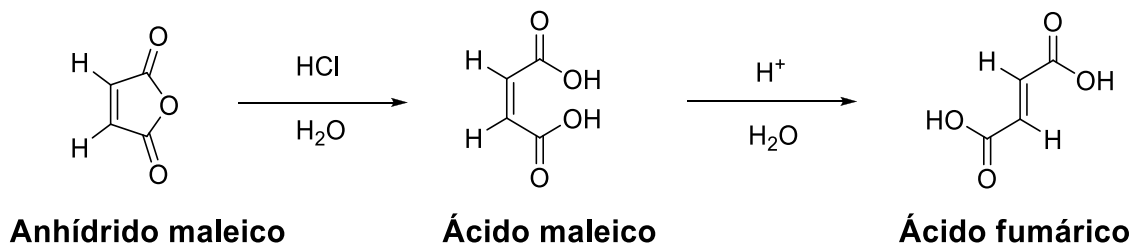
Ácido clorhídrico concentrado

EQUIPO

1	Agitador de vidrio	1	Refrigerante para agua con mangueras
1	Embudo de vidrio sinterizado con alargadera	1	Vaso de precipitados de 150 mL
1	Embudo de vidrio	1	Vidrio de reloj
1	Matraz Erlenmeyer de 125 mL	1	Barra de agitación magnética
1	Matraz redondo de fondo plano de 25 mL	1	Espátula
1	Matraz Kitasato de 125 mL con manguera	1	Parrilla con agitación magnética
1	Probeta de 25 mL	1	Pinzas de tres dedos con nuez
1	Aparato Fisher-Johns	1	Recipiente de peltre

DESARROLLO EXPERIMENTAL

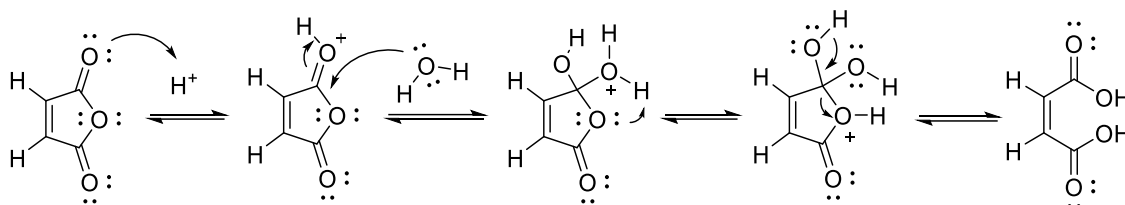
REACCIÓN



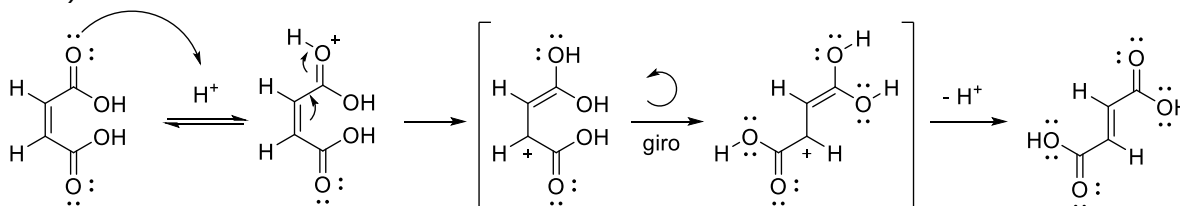
Esquema 1. Reacción de isomerización.

MECANISMO DE LA REACCIÓN

a) Hidrólisis del anhídrido maleico.



b) Isomerización *cis-trans*



Esquema 2. Mecanismo de reacción.

I. OBTENCIÓN DEL ÁCIDO FUMÁRICO

Nota: Se deben engrasar con vaselina todas las juntas del equipo para llevar a cabo la reacción a reflujo.

En un matraz bola de fondo plano de 25 mL se coloca 0.5 g de anhídrido maleico y se adicionan 1 mL de agua caliente, se coloca la barra de agitación magnética, se agregan poco a poco y con mucho cuidado 1.3 mL de ácido clorhídrico concentrado. Se coloca el refrigerante en posición de reflujo y se calienta a ebullición durante 20 minutos (tomar en cuenta que el reflujo comienza al momento ver gotas que caen del refrigerante o ver escurrimiento en las paredes del disolvente). Los cristales de ácido fumárico se van formando en el seno de la reacción, por esta razón se debe de controlar el calentamiento para evitar proyecciones bruscas.

Terminado el tiempo de reflujo, se quita el calentamiento y se deja enfriar el matraz de reacción (temperatura ambiente). El producto se filtra al vacío con ayuda de no más de 3 mL de agua fría y se seca. Una vez que esté seco el compuesto obtenido se pesa y se calcula el rendimiento de la reacción.

Se determina el punto de fusión del producto junto con la materia prima de partida con ayuda de un aparato de Fisher-Johns (calentar hasta 200 °C y observe si funde o no el producto Figura 2).

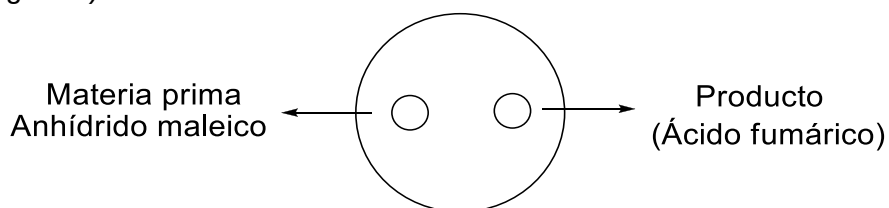


Figura 1. Punto de fusión de la materia prima y el producto obtenido.

NOTA: El anhídrido maleico puede hidrolizarse con la humedad ambiental, por lo que se recomienda comprobar la naturaleza de la materia prima mediante la determinación de su punto de fusión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

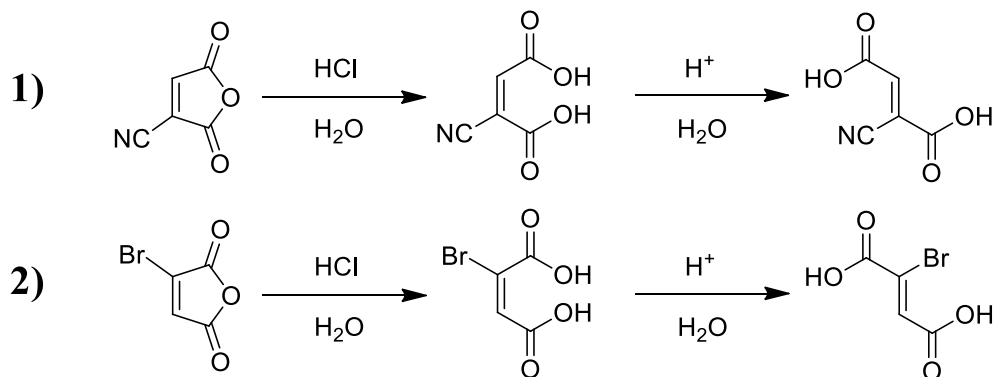
- Mayo D., Dike R., Forbes D., *Microscale Organic Laboratory: with Multistep and Multiscale Syntheses*, 5 ed., USA, Wiley, 2011.
- Williamson K., Masters K., *Macroscale and Microscale Organic Experiments*, 6 ed., USA, Brooks and Cole, 2010.
- Fessenden R. J., Fessenden J. S., *Organic Laboratory Techniques*, 3 ed., Brooks and Cole, USA, 2001.
- Gilbert J. C., Martin S. F., *Experimental Organic Chemistry A Miniscale and Microscale*, 5 ed., Brooks and Cole, USA, 2010.
- Vogel A. I., *Practical Organic Chemistry*, 5 ed., Longman Scientific & Technical, London, 1989.
- Pedersen S. F., Myers A. M., *Understanding the Principles of Organic Chemistry: A Laboratory Course*, Brooks and Cole, USA, 2011.
- McMurry J., *Química Orgánica*, 7 ed., Cengage-Learning, México, 2008.
- Bruice P. Y., *Química Orgánica*, 5 ed., Pearson Educación, México, 2008.

Apéndice I: Conocimientos previos

- Fundamentos de estereoquímica.
- Concepto de isomería geométrica *cis/trans* y *E/Z*.
- Mecanismo de reacción de isomerización.
- Propiedades físicas y químicas de reactivos, intermediario y producto.
- Como se efectúa una cristalización.
- Estructura, propiedades físicas, propiedades químicas, riesgos a la salud y de inflamabilidad y acciones en caso de emergencia de los productos químicos a utilizar.

Apéndice II: CUESTIONARIO

- 1) ¿Con qué otra técnica podría saber si obtuvo o no el producto de la reacción?
- 2) En una isomería *cis/trans*, ¿cuál de los isómeros es más estable y por qué razón?
- 3) En la isomería *E/Z*, ¿cuál de los isómeros es más estable y porque razón?
- 4) Dibuje el mecanismo de reacción de las siguientes reacciones:



5) Con base a los resultados de punto de fusión de la materia prima y del producto, ¿cómo puede saber que obtuvo el producto deseado?

Apéndice III: Disposición de residuos

RESIDUOS	
D1. Papel filtro, algodón	D2. Residuos ácidos
D3. Cubre objetos rotos	D4. Metanol/acetona

- **D1 y D3:** Empacar y enviar a incineración.
- **D2:** Neutralizar a pH = 7 para desechar.
- **D4:** Recuperar por destilación al final del semestre

ANEXOS

- a) Reglamento de Higiene y Seguridad para los Laboratorios de la Facultad de Química.

<https://quimica.unam.mx/proteccion-civil-facultad-quimica/reglamento-higiene-seguridad-laboratorios-la-facultad-quimica/>

- b) Reglamento para los Estudiantes y Profesores de los Cursos Experimentales del Departamento de Química Orgánica

<https://quimica.unam.mx/wp-content/uploads/2016/02/RIHyS-QO-Final.pdf>