

Escuela de Química Facultad de Ciencias  Universidad Industrial de Santander	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL LABORATORIO I DE QUÍMICA ORGÁNICA	Código: MFOQO.01
		Versión: 00
		Página 50 de 152

3 PRUEBAS DE SOLUBILIDAD

Tipo de práctica:	Duración:	Indicaciones de peligro:
Grupal (2 personas)	5 horas	

3.1 Objetivos

Clasificar compuestos orgánicos de acuerdo con su solubilidad en agua, éter etílico, y soluciones de HCl, NaOH, NaHCO_3 y HNO_3 .

A partir del comportamiento de solubilidad relacionar el grupo o los grupos funcionales que están presentes en cada una de las muestras conocidas.

3.2 Conceptos relacionados

Miscibilidad, solvatación, polaridad, fuerzas intermoleculares

3.3 Fundamento teórico

Las pruebas de solubilidad son muy útiles a la hora de establecer la identidad de una sustancia. La solubilidad es un fenómeno que depende de las fuerzas intermoleculares entre un soluto y el solvente. Cuando un soluto se disuelve en un disolvente, sus moléculas o iones se separan y quedan distribuidas más o menos al azar, rodeadas por las moléculas del disolvente (solvatación). En este proceso las fuerzas de atracción intermoleculares entre las moléculas del soluto son sobrepasadas, formándose nuevas interacciones moleculares más intensas entre las moléculas del soluto y las del disolvente, el balance de estos dos tipos de fuerzas de atracción determina si un soluto

Escuela de Química Facultad de Ciencias  Universidad Industrial de Santander	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL LABORATORIO I DE QUÍMICA ORGÁNICA	Código: MFOQO.01
		Versión: 00
		Página 51 de 152

dado se disuelve en un determinado disolvente. En consecuencia, si una sustancia se disuelve en otra, las fuerzas entre partículas que mantienen la identidad física del soluto y el solvente deben romperse para que las partículas individuales de las sustancias puedan mezclarse. La energía requerida para romper estas fuerzas se obtiene, si la solución se forma, de la energía liberada por la formación de nuevas fuerzas de unión entre las unidades del soluto y solvente.

Cuando una sustancia se disuelve, además de las interacciones entre iones de cargas opuestas, son importantes tres tipos de fuerzas de atracción o alguna combinación de ellas respecto a la posibilidad de solvatación de dichas sustancias. Estas fuerzas de atracción son las fuerzas de Van der Waals debidas a la distorsión de nubes electrónicas, interacciones dipolo-dipolo en las que los puentes de hidrógeno son un caso especial y las interacciones ion-dipolo.

Teniendo en cuenta que la mayoría de las moléculas orgánicas tienen una parte polar y otra no polar, debería esperarse que la solubilidad dependiera del balance entre ambas partes. A medida que aumenta la parte hidrocarburo dentro de una molécula, las propiedades del compuesto se acercan a las propiedades de los hidrocarburos y se podría asociar dicho compuesto precisamente con los hidrocarburos. Esto significa que disminuye la solubilidad en agua y aumenta la solubilidad en disolventes menos polares que el éter etílico. Un efecto semejante ocurre en la solubilidad de los compuestos cuando un radical fenilo se encuentra como sustituyente en ácidos alifáticos, alcoholes o compuestos similares, presentando un efecto equivalente al de un radical alifático de cuatro átomos de carbono.

Efecto sobre la solubilidad de las fuerzas intermoleculares en el soluto puro

La solubilidad de una sustancia es una medida del equilibrio entre la sustancia pura y su solución. Dicho equilibrio es también afectado por las fuerzas moleculares en el soluto puro y se pueden estimar sus magnitudes relativas comparando sus puntos de fusión y ebullición que involucran separación de moléculas, relacionada de alguna

Escuela de Química Facultad de Ciencias  Universidad Industrial de Santander	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL LABORATORIO I DE QUÍMICA ORGÁNICA	Código: MFOQO.01
		Versión: 00
		Página 52 de 152

forma con la separación que ocurre en la disolución. Existen correlaciones entre los puntos de fusión elevados de los ácidos y la baja solubilidad en agua, también existen correlaciones importantes entre los isómeros de los ácidos insaturados del tipo *cis-trans*, donde la forma *cis* generalmente presenta menor punto de fusión y es más soluble en agua que el isómero *trans*.

Efecto de la ramificación de la cadena sobre la solubilidad

En general, la más ramificada de dos cadenas hidrocarbonadas isómeras posee mayor solubilidad en éter etílico que la otra, al disminuir la atracción intermolecular. Cuando el efecto de ramificación se combina con el desplazamiento del grupo funcional hacia el centro de la molécula, la estructura se hace más compacta, lo que incrementa su solubilidad en éter si se trata de isómeros hidrocarbonados o su solubilidad en agua si se trata de estructuras de alcoholes del mismo tipo.

Se dice que una sustancia es soluble si 0.03 g de esta se disuelve en alrededor de 1 mL de disolvente a temperatura ambiente. El estudio del comportamiento de la solubilidad en varios líquidos como agua, éter etílico o soluciones acuosas de bicarbonato de sodio al 5 %, hidróxido de sodio al 5–10 %, ácido clorhídrico al 5–10 % y ácido sulfúrico concentrado, generalmente permiten obtener información útil acerca del tipo de grupo funcional que puede estar presente en una sustancia desconocida.

a) Solubilidad en agua: A los compuestos inicialmente se les examina su solubilidad en agua, que por ser polar es un disolvente pobre para todos los tipos de hidrocarburos. La presencia de halógenos en una molécula de hidrocarburo no altera su comportamiento de solubilidad, dado que el pequeño aumento de polaridad es contrarrestado por el incremento del peso molecular. Sales que son extremadamente polares y algunos ácidos y bases de bajo peso molecular son solubles en agua. Algunos compuestos neutros como los carbohidratos también son solubles en agua. Un número pequeño de aminas son solubles en agua debido a su habilidad para formar complejos con la molécula de agua, enlazados por puentes de hidrógeno. Las especies iónicas se

Escuela de Química Facultad de Ciencias  Universidad Industrial de Santander	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL LABORATORIO I DE QUÍMICA ORGÁNICA	Código: MFOQO.01
		Versión: 00
		Página 53 de 152

hidratan debido a las interacciones ion–dipolo entre las moléculas de agua y los iones. La energía liberada por la formación del enlace ion–dipolo es suficiente para separar los enlaces ion–ion de los electrolitos y para vencer los puentes de hidrógeno de las moléculas de agua.

b) Solubilidad en éter etílico: Compuestos no polares y ligeramente polares son solubles en éter etílico, mientras que las sales y compuestos polares no son solubles. En general, si un compuesto tiene solo un grupo polar en su estructura, se disolverá excepto si el grupo es altamente polar como en los ácidos sulfónicos. La mayoría de los compuestos orgánicos que no son solubles en agua si lo son en éter de petróleo, sin embargo aminas, amidas, ácidos y alcoholes de bajo peso molecular son solubles en ambos disolventes.

c) Solubilidad en bicarbonato de sodio (10 %, 1,1 N) e hidróxido de sodio (10 %, 2.5 N): El bicarbonato de sodio y el hidróxido de sodio son fundamentalmente usados para detectar sustancias ácidas solubles en agua. El hidróxido de sodio es usado para detectar ácidos mientras que el bicarbonato de sodio se emplea para sub–clasificar los ácidos, ya que este sirve para distinguir entre ácidos fuertes y débiles. La solución alcalina no deberá calentarse y la solubilidad o insolubilidad deberá considerarse para su anotación, después de 1 o 2 minutos.

Los ácidos carboxílicos que tienen K_a 's (constantes de disociación ácida) en el rango de 10^{-3} a 10^{-5} son ácidos más fuertes que los fenoles, los cuales tienen K_a 's en el rango de 10^{-9} a 10^{-10} . Por tanto, los fenoles pueden reaccionar con solución de hidróxido de sodio pero no con solución de bicarbonato de sodio. Sin embargo, fenoles con dos o más grupos nitro son solubles en bicarbonato de sodio así como en hidróxido de sodio.

Los ácidos carboxílicos, ácidos sulfínicos y ácidos sulfónicos son solubles en bicarbonato de sodio diluido. Algunos fenoles sustituidos con grupos electroaceptores como 2,4–dinitrofenol, 2,4,6–trinitrofenol (ácido pícrico) y 2,4,6–tribromofenol son altamente ácidos y en consecuencia también son solubles en bicarbonato de sodio

Escuela de Química Facultad de Ciencias  Universidad Industrial de Santander	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL LABORATORIO I DE QUÍMICA ORGÁNICA	Código: MFOQO.01
		Versión: 00
		Página 54 de 152

diluido. Ácidos carboxílicos aromáticos y ácidos diarilcarboxílicos sustituidos con un grupo amino también son solubles en bicarbonato de sodio.

La introducción de un grupo nitro en un hidrocarburo le confiere a éste suficiente acidez, por consiguiente el nitroetano se disuelve en hidróxido de sodio diluido. Las imidas, *p*-nitroacetanilida y sulfonamidas también son solubles en la solución de hidróxido de sodio.

d) Solubilidad en ácido clorhídrico al 5 % (1,3 N): Compuestos que contienen un átomo de nitrógeno básico son solubles en ácido clorhídrico diluido. Los compuestos que caen dentro de esta categoría son aminas cuya basicidad es debida a la presencia de un par de electrones no compartido sobre el átomo de nitrógeno. La fuerza básica de estas aminas depende de la disponibilidad de este par de electrones para reaccionar con el ácido. Dado que este par de electrones está fácilmente disponible en las *p*-aminas estas son muy solubles en ácido clorhídrico diluido. Las aminas *p*-aromáticas a pesar que son poco básicas aún conservan su solubilidad; pero cuando dos o tres grupos arilo están enlazados al nitrógeno la fuerza básica se disminuye hasta tal punto que estos compuestos (aminas aromáticas secundarias y terciarias) no forman sales cuando se adiciona la solución de ácido clorhídrico diluido y por consiguiente no se disuelven.

e) Solubilidad en ácido sulfúrico concentrado: Compuestos que contienen oxígeno como los alcoholes, éteres, ésteres, aldehídos y cetonas son bases débiles debido a la presencia de pares de electrones no compartidos sobre el átomo de oxígeno. Estos compuestos reaccionan con el ácido sulfúrico para formar sales de oxonio que su vez son solubles en exceso de ácido sulfúrico. Hidrocarburos insaturados como alquenos experimentan reacciones de adición con ácido sulfúrico para formar hidrogenosulfatos de alquilo que a través de puentes de hidrógeno se hacen solubles en exceso de ácido sulfúrico.

Escuela de Química Facultad de Ciencias  Universidad Industrial de Santander	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL LABORATORIO I DE QUÍMICA ORGÁNICA	Código: MFOQO.01
		Versión: 00
		Página 55 de 152

Aunque la mayoría de los hidrocarburos aromáticos no son solubles, algunos *meta* derivados de compuestos aromáticos polialquil sustituidos por tratamiento con ácido sulfúrico sufren sulfonación, y el ácido sulfónico así producido es soluble.

3.4 Materiales

8 Tubos de ensayo

Balanza

Pipetas graduadas de 1 y 5 mL

Pipeteador o pera

Espátula

Mortero con mango

Papel indicador

3.5 Sustancias

El profesor distribuirá a cada subgrupo de dos estudiantes el grupo de seis (6) sustancias que se emplearán en la respectiva práctica. Tres de las sustancias (denominadas aleatorias), mostradas en la Tabla 10, se encontrarán rotuladas arbitrariamente con las letras A, B y C y el estudiante deberá, además de realizar la asociación y clasificación de las sustancias conocidas, clasificar e identificar cada una de las sustancias “desconocidas” de acuerdo con la información obtenida de la solubilidad, luego de la asignación al grupo respectivo de solubilidad.

Tabla 10. Grupos de sustancias que podrán ser empleados en la práctica.

<i>SUSTANCIAS A EVALUAR</i>			
<i>GRUPO I</i>	<i>GRUPO I_ aleatorias</i>	<i>GRUPO II</i>	<i>GRUPO II_ aleatorias</i>
Tolueno	Isooctano	<i>n</i> -Heptano	<i>m</i> -Xileno
<i>p</i> -Cloroanilina	Ácido cinámico	Ciclohexanol	Acetofenona
Sacarina	Acetanilida	<i>p</i> -Aminofenol	Glicina

Escuela de Química Facultad de Ciencias  Universidad Industrial de Santander	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL LABORATORIO I DE QUÍMICA ORGÁNICA	Código: MFOQO.01
		Versión: 00
		Página 56 de 152

Pruebas de solubilidad

Muestras (usar 0,1 g o 0,2 mL de cada una)

24 mL de agua destilada

24 mL de éter etílico

24 mL de HCl al 5 %

24 mL de NaOH al 5 %

24 mL de NaHCO₃ al 5 %

24 mL H₂SO₄ concentrado

3.6 Procedimiento

Determinar la solubilidad de las muestras siguiendo el procedimiento que se muestra en la Figura 1.

Llevar a cabo los ensayos de solubilidad a temperatura ambiente, en tubos de ensayo que permitan agitar vigorosamente la mezcla.

Colocar en el tubo de ensayo 0,1 g o 0,2 mL de muestra problema, y añadir 3 mL de disolvente en porciones de 1 mL, agitando vigorosamente después de la adición de cada porción. Los sólidos deben estar finamente pulverizados para aumentar la velocidad de disolución.

En las pruebas de solubilidad con las soluciones de HCl, NaOH y NaHCO₃ se pueden formar sólidos que dificultan apreciar si hubo solubilidad o no. Para no errar en el análisis, si después de agitar vigorosamente permanecen sólidos, filtrar y neutralizar el filtrado con ácido o base. Si la solución se enturbia o aparece algún precipitado la prueba de solubilidad es positiva.

En la prueba de solubilidad con H₂SO₄ concentrado, si el compuesto no se disuelve inmediatamente, agitar por algún tiempo. Observar algún cambio de color, calentamiento, carbonización, polimerización, etc. Si el compuesto se solubiliza o

reacciona con el H_2SO_4 se clasifica en el grupo N, si no hay solubilidad ni reacción, en el grupo I.

Con base en los resultados de solubilidad obtenidos experimentalmente y según la Tabla 12, establecer la identidad de los compuestos aleatorios analizados.

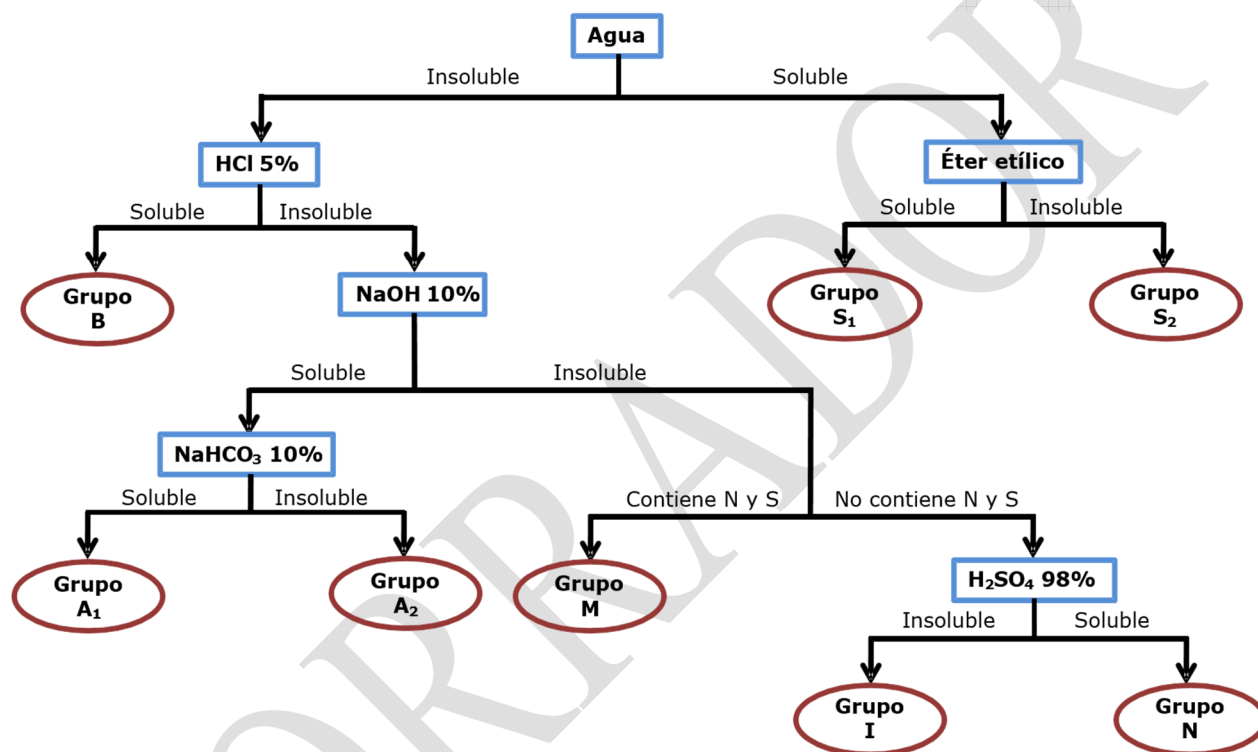


Figura 1. Clasificación de compuestos orgánicos por solubilidad.

3.7 Disposición final de los residuos generados en la práctica

Tabla 11. Disposición final de los residuos generados en la práctica.

Sustancia o mezcla	Recipiente rotulado
Sustancias sólidas	Sustancias tóxicas
Sustancias líquidas	Sustancias inflamables o tóxicas

Escuela de Química Facultad de Ciencias  Universidad Industrial de Santander		MANUAL DE PRÁCTICAS DEL LABORATORIO I DE QUÍMICA ORGÁNICA	Código: MFOQO.01
			Versión: 00
			Página 58 de 152

Disoluciones acuosas ácidas o básicas

Sustancias corrosivas o tóxicas

Disoluciones en solventes orgánicos

Sustancias inflamables o tóxicas

3.8 Consultar antes de la práctica

¿Cuál es las diferencias entre solubilidad y miscibilidad?

¿Por qué determinados compuestos son solubles en soluciones ácidas y otros son solubles en soluciones básicas?

Ordenar los siguientes compuestos de acuerdo con su solubilidad creciente en agua. Explicar las razones del ordenamiento.

n-Pentano, *n*-Nonano, Ácido caprónico, Isooctano, Dietílcetona, Isopentano, Butanol, Octanol y Éter etílico.

Tabla 12. Clasificación de los compuestos orgánicos según su solubilidad.

Grupo	Elementos presentes	Compuestos
S1	Solamente C, H, O	Alcoholes, aldehídos y cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres, éteres, lactonas, polihidroxifenoles, algunos glicoles, anhídridos
	C, H, N, con o sin O	Aminas, amidas, amino heterocíclicos, nitrilos, nitroparafinas, oximas
	C, H, O, halógenos	Alcoholes halogenados, aldehídos y cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres, éteres, lactonas, polihidroxifenoles, anhídridos
	C, H, S, con o sin O	Mercaptoácidos, tioácidos, hidroxicompuestos con azufre, heterociclos de azufre
	C, H, N, halógenos, con o sin O	Aminas, amidas y nitrilos halogenados
	C, H, N, S	Aminoheterociclos de azufre

Escuela de Química Facultad de Ciencias  Universidad Industrial de Santander	MANUAL DE PRÁCTICAS DEL LABORATORIO I DE QUÍMICA ORGÁNICA	Código: MFOQO.01
		Versión: 00
		Página 59 de 152

S2	Solamente C, H, O	Ácidos dibásicos y polibásicos, ácidos hidroxílicos, polihidroxifenoles, polihidroxicoholes
	C, H y metales	Sales de ácidos y fenoles, distintos compuestos metálicos
	C, H, N, con o sin O	Sales aminadas de ácidos orgánicos, aminoácidos, sales de amonio, aminas, amidas, aminoalcoholes, semicarbazidas, semicarbazonas, ureas
	C, H, O, halógenos	Ácidos halogenados, aldehídos o alcoholes halogenado, haluros de ácido
	C, H, S, con o sin O	Ácidos sulfónicos, mercaptanos, ácidos sulfínicos
	C, H, N, halógenos	Sales de amonio de ácidos halogenados
	C, H, N, S	Ácidos amino disulfínicos, ácidos cianosulfónicos, ácidos nitrosulfónicos, bisulfatos de bases débiles
B	C, H, N, con o sin O y S	Aminas, aminoácidos, compuestos anfóteros (ej: aminofenoles, aminotiofenoles, amino sulfonamidas), hidrazinas aril sustituidas, <i>N,N</i> -dialquilaminas
A1	Solamente C, H, O	Ácidos y anhídridos
	C, H, N, O	Aminoácidos, nitroácidos, cianoácidos, ácidos carboxílicos con N heterocíclico, polinitrofenoles
	C, H, O, halógenos	Haloácidos, polihalofenoles
	C, N, O, S	Ácidos sulfónicos, ácidos sulfínicos
	C, H, O, N, S	Ácidos aminosulfónicos, nitrotiofenoles, sulfatos de bases débiles
	C, H, S, halógenos	Sulfonamidas
A2	Solamente C, H, O	Ácidos, anhídridos, fenoles y ésteres de ácidos fenólicos, enoles
	C, H, N con o sin O	Aminoácidos, nitrofenoles, amidas, aminofenoles, compuestos anfóteros, cianofenoles, imidas, <i>N</i> -monoalquilamidas aromáticas, hidroxianilinas <i>N</i> -sustituidas, oximas, nitroparafinas, hidrocarburos nitroaromáticos, ureícos
	C, H, O, halógenos	Halofenoles

	C, H, S, con o sin O	Mercaptanos (tioles), tiofenoles
	C, H, N, O, halógenos	Aromáticos polinitrohalogenados, fenoles sustituidos
	C, H, N, S	Aminosulfonamidas, ácidos aminosulfónicos, aminotiofenoles, sulfonamidas, tioamidas
M	C, H, N, con o sin O	Anilidas y toluidinas, amidas, nitroarilaminas, nitrohidrocarburos, aminofenoles, azo, hidrazo y azoxi-compuestos, di y triarilaminas, dinitrofenilhidrazinas, nitratos, nitritos)
	C, H, S con o sin O	Mercaptanos, <i>N</i> -dialquilsulfonamidas sulfatos, sulfonatos, sulfuros, disulfuros, sulfonas, tioésteres, derivados de tiourea
	C, H, N, O, S	Sulfonamidas
	C, H, N, halógenos, con o sin O	Aminas, amidas, nitrilos, nitrohalogenados
I	C, H, con o sin O y halógenos.	Hidrocarburos. Derivados halogenados de hidrocarburos, diaril éteres
N	C, H, O	Alcoholes, aldehídos y cetonas, ésteres, éteres, hidrocarburos no saturados y algunos aromáticos, acetales, anhídridos, lactonas, polisacáridos, fenoles de alto peso molecular

3.9 Referencias bibliográficas

Sethi, A. Systematic Laboratory Experiments In Organic Chemistry. New Age International Publishers, New Delhi, 2003.

Shriner, R. L.; Fuson, R. C.; Curtin, D. Y. Identificación Sistemática de Compuestos Orgánicos. LIMUSA, México, 2008.

HOJA DE RESULTADOS _ INFORME PARCIAL (Página 1 de 1)

Laboratorio I de Química Orgánica

Práctica N° 3. Pruebas de solubilidad

Fecha: _____

Grupo N°: _____

Nombre de los integrantes:

Tabla 13. Resultados de las pruebas de solubilidad.

<i>Muestra</i>	<i>Solubilidad</i>						<i>Grupo</i>
	<i>Agua</i>	<i>Éter etílico</i>	<i>NaOH</i>	<i>NaHCO₃</i>	<i>HCl</i>	<i>H₂SO₄</i>	
A_1							
B_2							
C_3							
D_4							
E_5							
F_6							