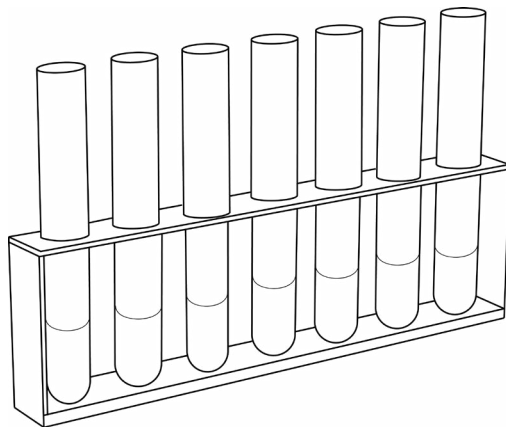


# COMPORTAMIENTO DE SOLUBILIDAD DE COMPUESTOS ORGÁNICOS

5



## INTRODUCCIÓN

La interpretación de pruebas de solubilidad de un compuesto orgánico en ciertos disolventes generalmente conduce hacia una información más específica acerca del o los grupos funcionales presentes en su estructura, así como de su polaridad y sus características ácido base.

La solubilidad de una sustancia es una medida del equilibrio entre la sustancia pura y su disolución. Dicho equilibrio se ve afectado no solo por las interacciones del disolvente y el soluto, sino también por las fuerzas intermoleculares en el soluto puro. Es conveniente diferenciar entre solubilidad y una reacción química, en algunos casos la reacción química va acompañada de un

cambio de color, producción de calor, formación de un precipitado o desprendimiento de un gas. En tanto que la solubilidad implica que se disuelva un soluto en un disolvente, donde las unidades estructurales iones o moléculas se separan unas de otras y el espacio entre ellas es ocupado por moléculas del disolvente. (Eaton, D.C., 1989).

En general, un aumento en el peso molecular produce un aumento en las fuerzas intermoleculares de un sólido, los polímeros y otros compuestos de peso molecular elevado, presentan bajas solubilidades en agua y éter.

Un compuesto de cadena ramificada es más soluble que el compuesto correspondiente de cadena recta, esto es debido a que la ramificación reduce las fuerzas y

las atracciones intermoleculares, por lo tanto, la posición del grupo funcional en la cadena carbonada también afecta la solubilidad. (Shriner, R.L., 2013).

Se puede obtener información preliminar de una sustancia, mediante el estudio de su comportamiento de solubilidad y/o reacción en agua, disoluciones de hidróxido de sodio al 5 %, bicarbonato de sodio al 5 %, ácido clorhídrico al 5 % y con ácido sulfúrico concentrado frío.

# MÉTODO PARA ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO DE SOLUBILIDAD DE COMPUESTOS ORGÁNICOS

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Materiales	Reactivos	Equipo
6 Tubos de ensayo 1 Microespátula 1 Mortero con pistilo 1 Varilla de vidrio 1 Baño María 1 Parrilla 1 Pipeta graduada de 2 mL 1 Pipeta graduada de 1 mL	Éter etílico Bicarbonato de sodio al 5% Hidróxido de sodio al 5% Ácido clorhídrico al 5% Ácido sulfúrico concentrado	Balanza analítica de precisión $\pm 0.0001$ g

### Ensayo de solubilidad en agua:

- Colocar en un tubo de ensayo 1 o 2 gotas (si la muestra es líquida) ó 25 mg (si la muestra es sólida) del compuesto orgánico.
- Agregar aproximadamente 0.75 mL de agua destilada y agitar después de la adición. Realizar la prueba a temperatura ambiente.
- Si el compuesto se disuelve, determinar el pH de la disolución acuosa con una tira reactiva de papel pH.
- Si el sólido se disuelve parcialmente, o no se disuelve, agregar 0.5 mL más de disolvente y/o calentar la mezcla ligeramente en un baño María, observar si esto ayuda a que se disuelva. Evitar calentar en exceso porque puede ocurrir una reacción. Si el sólido se disuelve al calentar, la disolución se enfría a temperatura ambiente,

se determina el pH de la disolución, se agita para evitar la sobresaturación, en caso contrario se considera insoluble.

### Ensayo de solubilidad en éter etílico:

- Colocar en un tubo de ensayo 1 o 2 gotas (si la muestra es líquida) ó 25 mg (si la muestra es sólida) del compuesto orgánico.
- Agregar aproximadamente 0.75 mL de éter etílico y agitar después de la adición. Realizar la prueba a temperatura ambiente. En caso de que no se disuelva, agregar 0.5 mL más de éter y observar.

### Ensayo de solubilidad en ácidos y bases acuosos

- Colocar en diferentes tubos de ensayo 1 o 2 gotas (si la muestra es líquida) ó 25 mg (si la muestra es sólida) del compuesto orgánico.
- Agregar en los diferentes tubos con la muestra, 0.75 mL de las disoluciones de hidróxido de sodio al 5%, bicarbonato de sodio al 5%, y ácido clorhídrico al 5%, respectivamente y agitar después de cada adición. Realizar las pruebas a temperatura ambiente.
- Agregar cuidadosamente 0.75 mL de ácido sulfúrico concentrado y agitar después de la adición. Realizar la prueba a temperatura ambiente.
- Los líquidos orgánicos más ligeros pueden flotar sobre el sulfúrico concentrado en lugar de disolverse inmediatamente. En este caso, se debe agitar la mezcla con una varilla de vidrio.

### Ensayo de solubilidad en ácido sulfúrico concentrado:

- Colocar en un tubo de ensayo 1 o 2 gotas (si la muestra es líquida) ó 25 mg (si la muestra es sólida) del compuesto orgánico.
- Con fines de clasificación de la solubilidad, las sustancias desconocidas que reaccionen con ácido sulfúrico para producir calor, cambio de color o ambos, deben clasificarse como solubles, incluso si la muestra no se disuelve (Shriner, R.L., 2013).

Una vez realizadas las pruebas, ver el esquema general y su interpretación, para determinar los posibles grupos funcionales presentes.

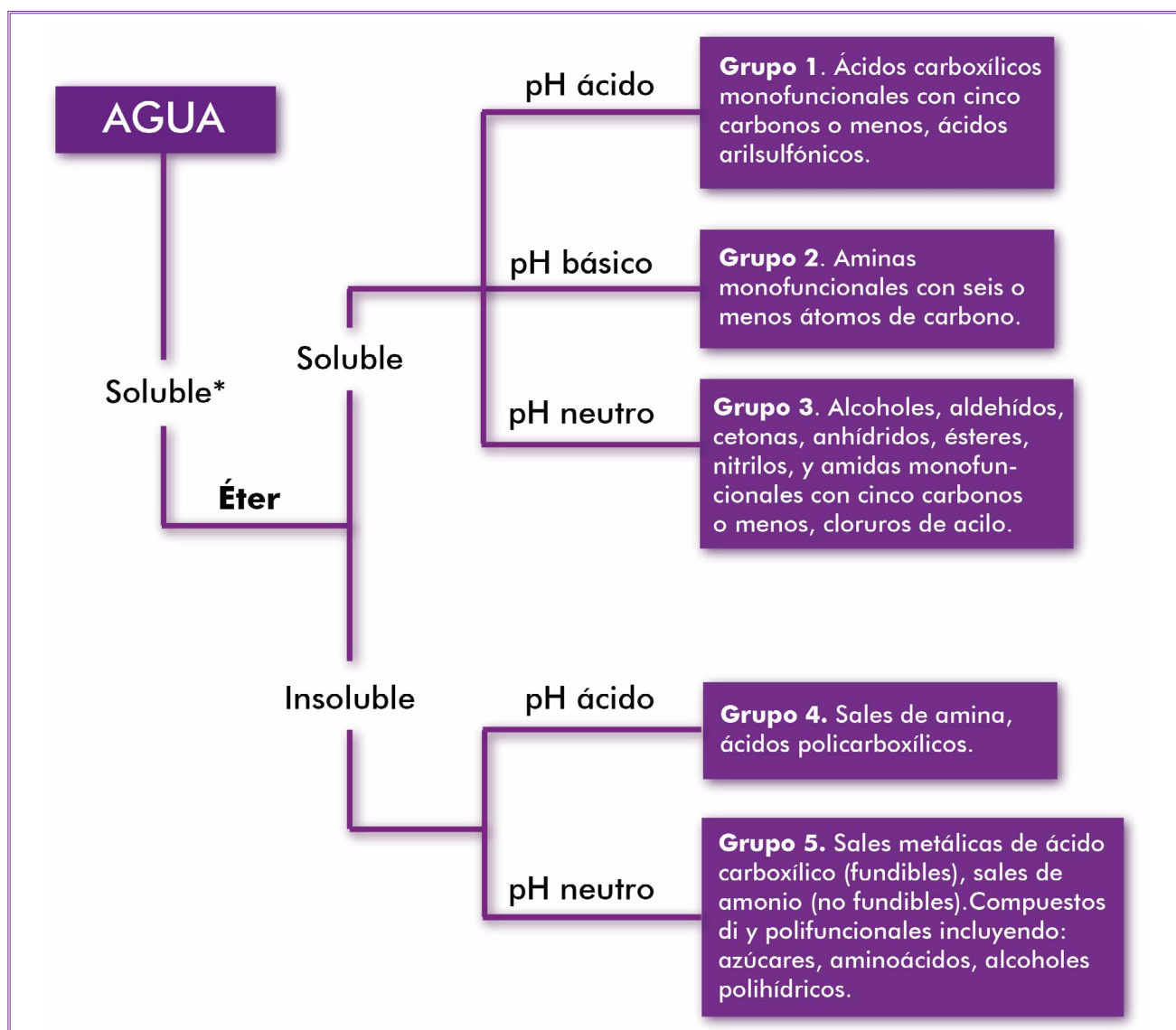
## RECOMENDACIONES GENERALES

- Pulverizar los compuestos sólidos, utilizando un mortero con pistilo, para aumentar la velocidad de la disolución.
- Mantener una proporción de disolvente a soluto, para lo cual los líquidos se miden con una pipeta graduada y los sólidos se pesan.
- Cuando dos líquidos son incoloros, pueden no distinguirse las dos fases si son inmiscibles, en este caso es conveniente agitar el tubo de ensayo con fuerza, si hay dos fases, la disolución se volverá turbia.
- El tiempo de agitación requerido para que una sustancia desconocida se disuelva no debe ser mayor a uno o dos minutos.
- Cuando se realicen las pruebas con ácido y base no debe aplicarse calor porque podría provocar hidrólisis.

# ESQUEMA GENERAL DE SOLUBILIDAD DE COMPUESTOS ORGÁNICOS

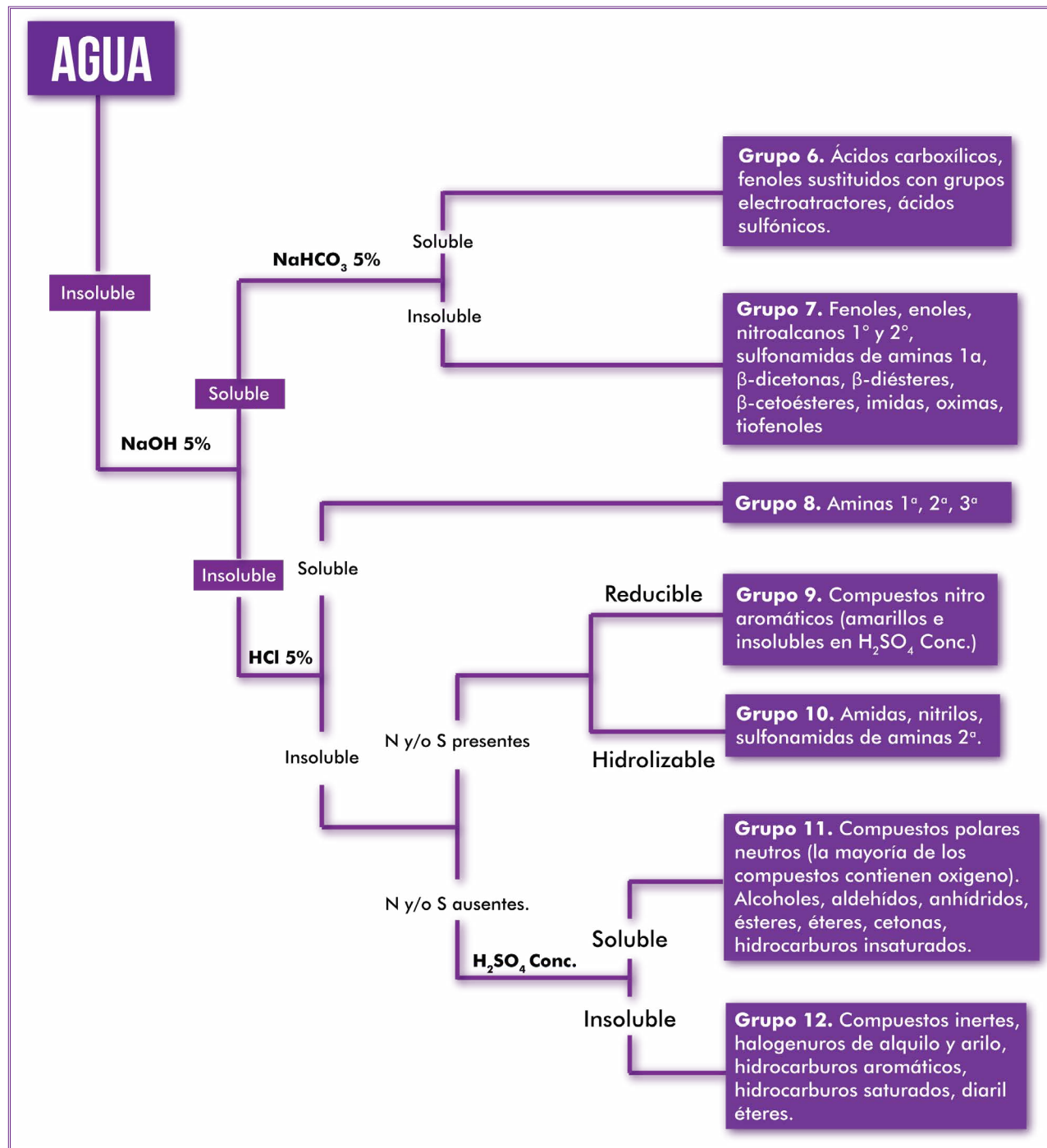
A continuación se presenta un esquema general del comportamiento de solubilidad de los compuestos orgánicos en agua y en las disoluciones mencionadas anteriormente. (Eaton, D.C., 1989, Shriner, R.L., 2013).

## COMPUESTOS ORGÁNICOS SOLUBLES EN AGUA



\*Medir el pH de la disolución acuosa

# COMPUESTOS ORGÁNICOS INSOLUBLES EN AGUA



Para una interpretación correcta del esquema es recomendable seguir la secuencia indicada y también realizar el análisis elemental orgánico (que se presenta en el siguiente capítulo) para determinar los elementos presentes en el compuesto, que deben estar acordes a los grupos funcionales indicados y posteriormente comprobar con pruebas específicas la presencia de estos grupos, consultando la bibliografía correspondiente, (Eaton, D.C., 1989, Criddle, W.J., 1980, Shriner, R.L., 2013, Haynes, B., 1966).

# INTERPRETACIÓN DEL ESQUEMA

## Grupo 1: Solubles en agua y éter, pH ácido.

Ácidos carboxílicos monofuncionales con cinco carbonos o menos, ácidos arilsulfónicos.

## Grupo 2: Solubles en agua y éter, pH básico.

Aminas monofuncionales con seis o menos átomos de carbono.

## Grupo 3: Solubles en agua y éter, pH neutro.

Alcoholes, aldehídos, cetonas, anhídridos, ésteres, nitrilos, y amidas monofuncionales con cinco carbonos o menos, cloruros de acilo.

## Grupo 4: Solubles en agua, insolubles en éter, pH ácido.

Ácidos policarboxílicos muy polares para disolverse en éter, y otros compuestos como sales de amina.

## Grupo 5: Solubles en agua, insolubles en éter, pH neutro.

Compuestos como sales metálicas de ácidos carboxílicos, sales de amonio, compuestos di y polifuncionales como carbohidratos, aminoácidos y alcoholes polihídricos. Todos estos compuestos son polares, por lo tanto, son insolubles en éter.

## Grupo 6: Insolubles en agua, solubles en NaOH al 5% y $\text{NaHCO}_3$ al 5%.

El  $\text{NaHCO}_3$  es una base más débil que el NaOH, los compuestos que se disuelven en  $\text{NaHCO}_3$  al 5% deben ser apreciablemente ácidos. Este grupo incluye ácidos carboxílicos y ácidos sulfónicos, que reaccionan con el  $\text{NaHCO}_3$  al 5% para formar una sal de sodio soluble en agua. Se produce también  $\text{CO}_2$  como subproducto, la observación de efervescencia es la evidencia de que ocurrió una reacción. Las sales de los compuestos de alto peso molecular son insolubles.

Los fenoles no son lo suficientemente ácidos para reaccionar con  $\text{NaHCO}_3$ . Sin embargo, si el fenol tiene uno o más grupos electroattractores en posiciones orto y para respecto al grupo hidroxilo, si va a reaccionar.

## Grupo 7: Insolubles en agua y en $\text{NaHCO}_3$ al 5%, solubles en NaOH al 5%.

Compuestos débilmente ácidos, lo suficiente para reaccionar y disolverse con NaOH, como los fenoles, eno-

les, nitroalcanos primarios y secundarios, sulfonamidas, sulfonamidas de aminas primarias,  $\beta$ -dicetonas,  $\beta$ -diésteres,  $\beta$ -cetoésteres, imidas, oximas, tiofenoles (Ar-SH).

## Grupo 8: Insolubles en agua y solubles en HCl al 5%

Prácticamente todas las aminas primarias, secundarias y terciarias alifáticas son solubles en HCl al 5%, debido a la formación de un clorhidrato soluble en agua.

Sin embargo, las diaril y triaril aminas no se disuelven, por diferentes razones; las diaril aminas reaccionan con HCl al 5%, pero el clorhidrato de la amina no es soluble en agua debido a su tamaño y las triaril aminas no reaccionan con el HCl al 5%.

## Grupo 9: Insolubles en agua, en NaOH al 5% y HCl al 5%, contienen nitrógeno y/o azufre y son reducibles.

Compuestos nitro aromáticos, los cuales se reducen a aminas y frecuentemente son de color amarillo.

## Grupo 10: Insolubles en agua, en NaOH al 5% y HCl al 5%, contienen nitrógeno y/o azufre y son hidrolizables.

Incluyen amidas, nitrilos, y sulfonamidas de aminas secundarias, estos se disuelven en  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado porque son débilmente básicos y por lo tanto pueden ser protonados por el ácido.

## Grupo 11: Insolubles en agua y solubles en $\text{H}_2\text{SO}_4$ concentrado.

Incluyen alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres, la mayoría de éteres, alquenos, alquinos y anhídridos. Se disuelven en  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado porque son débilmente básicos y por lo tanto pueden ser protonados por el ácido.

## Grupo 12: Insolubles en agua y $\text{H}_2\text{SO}_4$ concentrado.

Incluyen halogenuros de alquilo y arilo, hidrocarburos aromáticos, alcanos, diaril éteres.

Los diaril éteres se incluyen porque el par de electrones del oxígeno están deslocalizados en el anillo aromático y por lo tanto, no están disponibles para compartir con el  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado. Algunos hidrocarburos, sin embargo, se pueden sulfonar con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado y se disuelven.



Atribución-NoComercial-CompartirIgual  
CC BY-NC-SA

## REFERENCIAS

- Criddle, W.J., Ellis G.P. (1990). *Spectral and chemical characterization of organic compounds: A laboratory Handbook*. (3ª ed.) United States of America: John Wiley & Sons.
- Eaton, D.C. (1989). *Laboratory investigations in organic chemistry*. United States of America: McGraw-Hill.
- Haynes, B. (1966). *Qualitative organic analysis*. (2ª ed.) London: Macmillan.
- Shriner, R.L. (2013). *Identificación sistemática de compuestos orgánicos*. (2ª ed.). México: Limusa Wiley.

\*Fotografía: Castro, M. y Miranda, C. (2017). UNAM, FES Cuautitlán.