



EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO

Autores: Antonio Matthew Méndez, José Guillermo Penieres Carrillo y Fernando Ortega Jiménez
Proyecto DGAPA-PAPIME UNAM PE206117

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

Departamento de Ciencias Químicas
Sección de Química Orgánica





D. R. © UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

Excepto donde se indique lo contrario esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución No comercial, No derivada, 4.0 Internacional (CC BY NC ND 4.0 INTERNACIONAL).

ENTIDAD EDITORA

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

Av. Universidad 3000, Universidad Nacional Autónoma de México, C.U., Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.

FORMA SUGERIDA DE CITAR: Méndez, Antonio Matthew, Penieres Carrillo, José Guillermo y Ortega Jiménez, Fernando (septiembre 2023). Extracción líquido-líquido (monografía). Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM

Contenido

Objetivo	1
Introducción.....	1
Extracción	1
Extracción líquido-líquido.....	2
Fundamento teórico	2
Procedimiento experimental.....	3
Preparación del material.....	3
Adición de las fases	3
Agitación de la mezcla.....	3
Separación de las fases	4
Secado de la fase orgánica	4
Filtración y eliminación del disolvente	4
Elección del disolvente.....	5
Orden de las fases.....	5
Lavado de disoluciones orgánicas	5
Extracción ácido-base	6
Emulsiones.....	7
Referencias	7

Objetivo

Proporcionar a los estudiantes de las licenciaturas en Ciencias Químico-Biológicas y áreas afines un material de apoyo útil, con la información adecuada que les permita acceder de una manera directa y clara a las diferentes técnicas de extracción líquido-líquido que existen y su aplicación en la separación y purificación de una molécula objetivo en una mezcla de reacción.

Introducción

La mezcla resultante de una reacción puede contener, además del producto deseado, producto de partida sin reaccionar, productos secundarios, sales y disolvente. Si el producto deseado precipita en el medio de reacción, su aislamiento se simplifica considerablemente, ya que se realiza mediante filtración. Cuando esto no ocurre, el proceso de aislamiento del compuesto deseado es más complicado y hay que eliminar previamente restos de ácidos o bases existentes. En otras ocasiones el compuesto orgánico que interesa se puede separar de la mezcla de reacción aprovechando sus propiedades ácido-base. Si la reacción se ha efectuado en agua, hay que recuperar el producto contenido en la disolución acuosa, utilizando un disolvente inmiscible con ella. Todas estas operaciones se realizan empleando la técnica de extracción.

Así, en el laboratorio químico la separación y la purificación del producto deseado son tan importantes como la optimización de su síntesis, con lo cual, además de mejorar las condiciones de reacción buscando un elevado rendimiento de formación del producto deseado, se tienen que plantear procesos eficientes de separación que permitan una recuperación máxima del producto a partir de la mezcla de reacción. La extracción es una de las técnicas más útiles para hacerlo.

La separación de un compuesto por extracción se basa en la transferencia selectiva del compuesto desde una mezcla sólida o líquida con otros hacia una fase líquida (normalmente un disolvente orgánico).

El éxito de la técnica depende básicamente de la diferencia de solubilidad en el disolvente de extracción entre el compuesto deseado y los otros compuestos presentes en la mezcla inicial.

El principal objetivo de la extracción es separar selectivamente el producto de una reacción o, bien, eliminar las impurezas que lo acompañan en la mezcla de reacción, gracias a sus diferencias de solubilidad en el disolvente de extracción elegido.

Extracción

La extracción es la técnica más empleada para separar un producto orgánico de una mezcla o de una fuente natural, también puede definirse como la separación de un componente de una mezcla por medio de un disolvente.

Este método permite separar el producto que se desea y dejar en la mezcla los productos secundarios o, bien, extraer los productos secundarios y dejar el principal. Para ello hay que tener en cuenta la regla de solubilidad que dice “Lo semejante disuelve a lo semejante”, es decir, los solutos polares solo pueden disolverse en solventes polares y los no polares en solventes no polares.

Los métodos de extracción pueden ser de dos tipos: Extracción Discontinua y Continua.

Extracción Discontinua: También denominada Extracción líquido – líquido, consiste en la transferencia que se lleva a cabo entre dos líquidos inmiscibles de una fase a otra, consideradas Fase Acuosa y Fase Orgánica.

En este caso el componente se encuentra disuelto en un disolvente A (generalmente agua) y para extraerlo se utiliza un disolvente B (un solvente orgánico como éter etílico, benceno, etc.), los que son inmiscibles entre sí. Los disolventes A y B se agitan en un embudo de separación y se dejan reposar hasta que se dividan las dos fases o capas, permitiendo que el compuesto presente se distribuya en ambas capas de acuerdo con sus solubilidades relativas.

Extracción Continua: También denominada Extracción sólido – líquido, consiste en la separación

de uno o más componentes de una mezcla sólida mediante un disolvente líquido. Tiene lugar en dos etapas. Primeramente, existe un contacto del disolvente con el sólido que cede el componente soluble (solute) al disolvente. Este proceso puede llevarse a cabo a temperatura ambiente (precolación) o en caliente; en este caso, a fin de evitar la pérdida de disolvente, suele realizarse una ebullición a reflujo.

En la segunda parte hay una separación de la disolución del resto del sólido. Una vez que se ha saturado el disolvente, se separa del sólido que queda, normalmente por filtración.

Extracción líquido-líquido

La extracción líquido-líquido, conocida simplemente como extracción, se lleva a cabo entre dos líquidos inmiscibles (generalmente uno de ellos es agua) utilizando un embudo de decantación o de separación. Las dos fases líquidas en una extracción son:

- Fase Acuosa: Agua o disolución acuosa.
- Fase Orgánica: Disolución o disolvente orgánico inmiscible con el agua.

Conviene distinguir entre los términos extracción y lavado. Ambos definen la misma operación, aunque se realizan con distinto fin, y la terminología cambia según cuál sea la fase de la que se parte: la extracción se refiere al paso del compuesto orgánico de interés de una fase acuosa a un disolvente orgánico, mientras que el lavado se realiza con una disolución acuosa para retirar de la fase orgánica un compuesto no deseado.

La extracción líquido-líquido es un método muy útil para separar los componentes de una mezcla. Su éxito depende de la diferencia de solubilidad del compuesto a extraer en dos disolventes diferentes.

Fundamento teórico

Supongamos que una disolución de un compuesto A en un disolvente 1 se extrae con otro disolvente 2, inmiscible con el primero, en el cual el compuesto A es más soluble. Dicho compuesto se repartirá entre ambos disolventes hasta llegar a una situación de

equilibrio. Finalmente, las dos fases líquidas inmiscibles se separarán en el embudo de decantación, quedando abajo la de mayor densidad.

La relación de las concentraciones del compuesto A en cada disolvente, a una temperatura dada, es una constante llamada coeficiente de reparto (K). Para un mismo compuesto, el coeficiente de reparto depende de la temperatura del par de disolventes considerados.

$$K = \frac{[A]_2 \text{ (solubilidad del disolvente 2)}}{[A]_1 \text{ (solubilidad del disolvente 1)}}$$

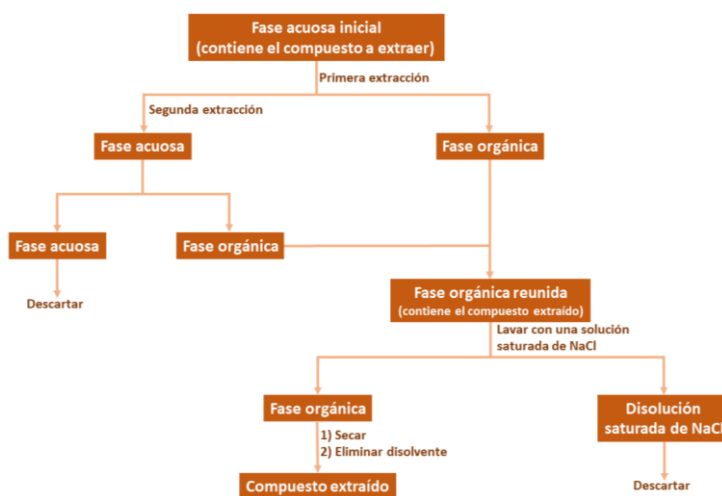
Realizando una aproximación puede considerarse que la concentración del compuesto A en cada disolvente se correlaciona con la solubilidad de dicho compuesto en el disolvente puro. Por lo tanto, el éxito de una extracción depende de la solubilidad relativa del compuesto a extraer en el par de disolventes elegidos. Un aspecto muy importante de la técnica de extracción es que, para un mismo volumen final de disolvente orgánico, es más efectivo realizar varias extracciones con un volumen menor que una única extracción con todo el disolvente.

Es frecuente obtener mezclas de reacción en disolución o suspensión acuosa (ya sea porque la reacción se haya llevado a cabo en un medio acuoso o porque al final se haya añadido una disolución acuosa sobre la mezcla de reacción inicial). En estas situaciones la extracción del producto de reacción deseado a partir de esta mezcla acuosa se puede conseguir añadiendo un disolvente orgánico adecuado, más o menos denso que el agua, que sea inmiscible con dicho líquido y capaz de solubilizar la máxima cantidad de producto a extraer, pero no las impurezas que lo acompañan en la mezcla de reacción.

Después de agitar la mezcla de las dos fases para aumentar la superficie de contacto entre ellas y permitir un equilibrio más rápido del producto a extraer entre ambas, se producirá una transferencia del producto deseado desde la fase acuosa inicial hacia la fase orgánica, en una cantidad tanto mayor cuanto mayor sea su coeficiente de reparto entre el disolvente orgánico de extracción elegido y el agua. Unos minutos después de la agitación las dos fases

se separan de nuevo, espontáneamente por una simple decantación, debido a la diferencia de densidades entre ellas; la fase orgánica que contiene el producto deseado se podrá separar de la fase acuosa conteniendo impurezas.

Cuando K es muy grande (>100) será suficiente realizar una sola extracción. Para compuestos solubles en agua donde K sea próximo a 1, solamente se extraerá una pequeña cantidad del compuesto, en ese caso hay que recurrir a la técnica de extracción líquido-líquido en continuo. La mayor parte de los compuestos orgánicos tiene coeficientes de reparto entre un disolvente y agua mayores de 4. Por lo tanto, una extracción doble o triple generalmente extraerá de una disolución acuosa la mayor parte del compuesto orgánico (Esquema 1). En ocasiones conviene saturar la fase acuosa con cloruro sódico, ya que la solubilidad de los compuestos orgánicos en disoluciones acuosas saturadas con electrolitos fuerte es mucho menor que en agua (efecto salino).



Esquema 1. Extracciones sucesivas.

Procedimiento experimental

Las etapas de un proceso de extracción o lavado son las siguientes:

- Preparación del material.
- Adición de las fases.
- Agitación de la mezcla.
- Separación de las fases.
- Secado de la fase orgánica.
- Filtración y eliminación del disolvente.

Preparación del material

El material necesario para llevar a cabo una extracción está representado en la Figura 1. La extracción en sí se realiza en un embudo de decantación que debe estar provisto de un tapón y una llave que ajusten y giren perfectamente sin causar pérdidas. El tapón y la boca esmerilada no deben engrasarse nunca. Para evitar que se queden adheridos, deben mantenerse limpios, sin restos de productos orgánicos o inorgánicos.

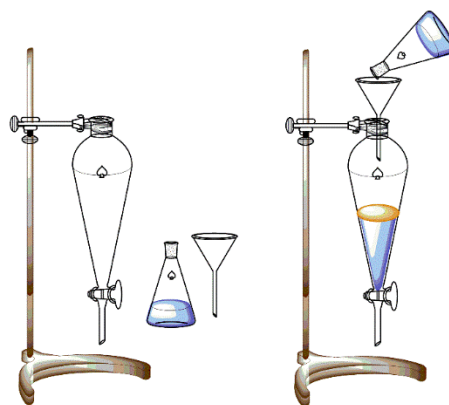


Figura 1. Material empleado para realizar una extracción. Fuente elaboración propia.

Colocar el embudo de decantación sobre un aro metálico unido a un soporte. Antes de realizar la adición de cualquier disolución al embudo hay que comprobar que la llave esté cerrada. Para facilitar la adición se utiliza un embudo cónico y siempre es conveniente colocar un vaso de precipitados grande debajo del embudo, por si este se rompiera o la llave se perdiera. A medida que las fases se van extrayendo del embudo, se recogen en matraces Erlenmeyers.

Adición de las fases

Utilizando un embudo cónico, hay que verter al embudo de decantación la disolución que se va a extraer y seguidamente el disolvente extractor (Figura 1). No se debe llenar el embudo a más de tres cuartas partes de su volumen ni introducir disoluciones calientes.

Agitación de la mezcla

1. Tapar el embudo y tomarlo firmemente con ambas manos, sujetando con una la llave y con la otra el tapón.

2. Colocar el embudo en posición horizontal y agitar suavemente imprimiendo un movimiento circular. Al agitar un disolvente volátil su presión de vapor aumenta, generándose una sobrepresión en el interior del embudo; para eliminarla, se recomienda invertir el embudo y abrir la llave con cuidado. Si mientras se agita no se elimina la sobrepresión, el tapón podría saltar bruscamente y derramarse parte del contenido del embudo.

3. Cerrar la llave de nuevo y repetir la operación de agitar y abrir la llave varias veces.

Separación de las fases

Apoyar el embudo sobre el aro, quitar el tapón y esperar hasta que se observe claramente que las fases se separen a través de una línea. Si la interfase no fuese nítida (emulsión) hay que consultar el apartado de emulsiones.

Antes de proceder a sacar la fase inferior del embudo hay que comprobar que el tapón se ha retirado. Si la llave se abriera con el tapón puesto, después de salir las primeras gotas de líquido se produciría en el interior del embudo una disminución gradual de la presión con respecto al exterior, lo que impediría la salida de su contenido.

La fase inferior se saca del embudo abriendo la llave y se recoge en un matraz Erlenmeyer. Al principio de la separación la llave se abre completamente y, a medida que el volumen de la fase inferior va disminuyendo, se cierra gradualmente hasta que la línea de separación de las fases se aproxima a la llave. Para evitar que las gotas de la fase inferior que han quedado sobre las paredes del embudo se pierdan, se debe girar el embudo ligeramente alrededor de su posición vertical y añadir ese pequeño volumen a la fase anteriormente separada. Si quedara algo de líquido en el vástago del embudo, hay que golpearlo suavemente para que descienda.

La fase superior se vierte por la boca del embudo a otro Erlenmeyer, evitando así que se impurifique con restos de la fase inferior que hayan quedado en la llave o en el vástago. Si la fase superior tiene que lavarse o extraerse de nuevo, no es necesario sacarla del embudo.

Es importante no desechar ninguna de las fases hasta que no haya certeza sobre la naturaleza, acuosa u orgánica de cada una.

En los casos en que haya que realizar una extracción múltiple el proceso se repite de nuevo. La fase acuosa final se extrae de nuevo con más disolvente, tantas veces como haga falta. Finalmente se reúnen todas las fases orgánicas y se procede a la eliminación de los restos de agua.

Secado de la fase orgánica

El conjunto de fases orgánicas recogidas en las diferentes extracciones se lava con disolución saturada de cloruro sódico, la cual retiene el agua de la fase orgánica con el fin de incrementar la solvatación de la sal. A continuación, se eliminan las trazas de agua utilizando un agente desecante inerte, generalmente sulfato sódico o magnesio anhidro.

La cantidad de residuo de agua presente en la fase orgánica es imperceptible ya que, además de estar en baja proporción, su mayor parte está disuelta en el disolvente. Por lo tanto, la aparición de agua en el fondo del Erlenmeyer proviene de un error experimental en la separación de las fases. Si esto sucede, en lugar de añadir el desecante, se debe introducir de nuevo la mezcla en el embudo y separar el agua existente. Solo debe añadirse el desecante si no se observan gotas de disolución acuosa en la fase orgánica.

Se añade a la fase orgánica una cantidad de desecante proporcional a la cantidad de disolvente, suficiente para cubrir el fondo del Erlenmeyer. Se agita ligeramente alrededor de su posición vertical, se deja en reposo y se tapa para evitar la evaporación del disolvente. Se espera un tiempo (generalmente son suficientes de 10 a 15 minutos), hasta que la turbidez inicial desaparezca y la disolución esté completamente transparente.

Filtración y eliminación del disolvente

El agente desecante hidratado se filtra por gravedad sobre un matraz, utilizando un embudo cónico y un filtro de pliegues o una placa filtrante. El Erlenmeyer, el agente desecante y el filtro se lavan con el mismo

disolvente para evitar pérdidas de producto. El disolvente se elimina a presión reducida en el rotavapor, aislándose de este modo el compuesto extraído, que posteriormente deberá purificarse.

Elección del disolvente

A la hora de elegir un disolvente para realizar la extracción de un compuesto orgánico, hay que tener en cuenta que debe cumplir los siguientes requisitos:

- Ser inmiscible en agua.
- Disolver la sustancia que se pretende extraer más que el agua.
- Tener un punto de ebullición bajo, de manera que, una vez finalizada la extracción, el soluto pueda recuperarse eliminando el disolvente a presión reducida en el rotavapor.
- No reaccionar con el producto que se quiere extraer.
- No ser inflamable ni tóxico y, entre varios disolventes posibles, elegir el más barato.

Tabla 1. Diferentes disolventes empleados en la extracción.

7.5	Disolvente	Densidad (g/ml)	Solubilidad en agua (g/100ml)	Agua disuelta (g/100ml)
Disolventes inmiscibles en agua	Acetato de etilo	0.900	8.0	2.9
	Benceno	0.879	0.5	0.06
	Ciclohexano	0.779	0.001	0.01
	Cloroformo	1.492	0.5	0.07
	Diclorometano	1.325	2.0	1.3
	Éter dietílico	0.715	6.0	1.5
	Hexano	0.659	0.001	0.01
	Pentano	0.626	0.036	0.01
	Tetracloruro de carbono	1.594	0.025	0.01
	Disolventes miscibles en agua	Acetona, Acetonitrilo, Ácido acético, Ácido fórmico, <i>t</i> -Butanol, Dimetilformamida (DMF), Dimetilsulfóxido (DMSO), Dimetoxietano (DME), 1,4-Dioxano, Etanol, Hexametilfosforamida, (HMPA), Metanol, Piridina, <i>i</i> -Propanol, <i>n</i> -Propanol Tetrahidrofurano (THF).		

En la Tabla 1 se muestra una relación de disolventes miscibles e inmiscibles con el agua, así como la solubilidad máxima que presentan en ella, la cantidad de agua que adsorben en contacto con una fase acuosa y su densidad.

Orden de las fases

En los procesos de extracción o lavado, donde se utiliza una disolución acuosa y otra orgánica, el orden de las fases depende de sus densidades relativas. Los disolventes halogenados, más densos que el agua (Tabla 1), quedan por debajo de ésta,

mientras que el resto, al ser menos densos, quedan por encima.

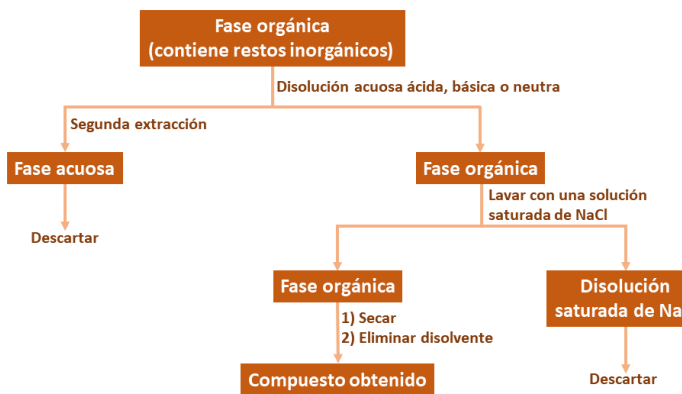
La mayor parte de las disoluciones acuosas que se utilizan en procesos de lavado contienen un 5-10% de soluto. Por tanto, la densidad de estas disoluciones está muy próxima a la del agua (1.0 g/mL). La densidad de una disolución saturada de cloruro sódico (36.7 g de NaCl en 100 mL de agua) es de 1.2 g/mL.

Excepcionalmente puede presentarse el caso de una disolución en un disolvente orgánico menos denso que el agua que, al tener una concentración de soluto muy alta, aumente su densidad considerablemente y resulte mayor que la de la fase acuosa. Como norma general, para evitar errores irreversibles, no se debe descartar ninguna de las fases hasta que no se esté seguro de cuál es la que interesa y de que el producto se ha extraído por completo. Si existen dudas a la hora de decidir cuál es la fase acuosa y cuál la orgánica, la siguiente prueba puede resultar de gran utilidad.

- Separar la fase inferior y añadir una pequeña cantidad de agua a la fase que ha quedado en el embudo, independientemente de su naturaleza.
- Dependiendo de que dicha fase sea acuosa u orgánica, tras la adición de agua se observarán en el embudo una o dos fases. Si la que quedaba inicialmente en el embudo fuera orgánica, aparecerán dos fases; en tal caso hay que separar la pequeña cantidad de agua añadida. Si fuera acuosa se observará una sola fase y el haber añadido una pequeña cantidad de agua sólo habrá producido una ligera dilución, que carece de importancia práctica.

Lavado de disoluciones orgánicas

Los procesos de lavado son muy frecuentes en las etapas de aislamiento, y en general se llevan a cabo para eliminar los restos inorgánicos (sales, ácidos o bases) presentes en una mezcla orgánica de reacción (Esquema 2).



Esquema 2. Proceso de lavado.

El tipo de disolución acuosa a emplear depende del carácter ácido, básico o neutro del resto a eliminar (Tabla 2).

Tabla 2. Disoluciones acuosas empleadas en el lavado.

Disolución acuosa	Finalidad
Agua.	Eliminación de productos solubles en agua, generalmente sales inorgánicas.
Disolución saturada de NaCl.	a) Eliminación de restos inorgánicos sin perder compuesto orgánico cuando este es parcialmente soluble en agua. b) Eliminación de restos de agua al final de un proceso de extracción o lavado.
Disolución acuosa ácida.	Eliminación de bases presentes en la fase orgánica.
Disolución acuosa básica.	Eliminación de ácidos presentes en la fase orgánica.
Disolución acuosa de tiosulfato o bisulfito sódico.	Eliminación de restos de bromo o yodo presentes en la fase orgánica.

Para eliminar los restos de ácidos suelen utilizarse habitualmente disoluciones acuosas de bicarbonato sódico que en el proceso de neutralización generan dióxido de carbono. Por lo tanto, hay que tener una especial precaución al realizar la adición y abrir la llave del embudo de extracción repetidas veces en tiempos cortos mientras se agita, con el fin de evitar una sobrepresión excesiva en el embudo.

Un error frecuente en los procesos de lavado con disoluciones acuosas ácidas o básicas consiste en medir el pH de la fase orgánica con el papel indicador y sorprenderse por la ausencia del color esperado, sin tener en cuenta que mediante este procedimiento sólo es posible medir el pH de disoluciones acuosas. El pH que hay que medir es el de la fase acuosa que ha estado en contacto con la orgánica.

Extracción ácido-base

La extracción ácido-base es un procedimiento que utiliza extracciones líquido-líquido secuenciales para purificar los ácidos y las bases de mezclas, basándose en sus propiedades químicas.

La extracción ácido-base se realiza rutinariamente después de realizar síntesis químicas y por el aislamiento de compuestos y productos naturales como alcaloides a partir de extractos. El producto resultante está libre de impurezas neutras, ácidas o básicas. Con este método no es posible separar ácidos o bases químicamente similares.

La teoría fundamental detrás de esta técnica es que las sales, que son iónicas, suelen ser solubles en agua, mientras que las moléculas orgánicas no lo suelen ser.

La adición de un ácido a una mezcla de una base orgánica y un ácido resultarán en que el ácido continúa sin carga, mientras que la base se hidrogenará para formar una sal. Si el ácido orgánico, como el ácido carboxílico, es suficientemente fuerte, su propia ionización puede ser suprimida por el ácido añadido.

Por el contrario, la adición de una base a una mezcla de un ácido orgánico y una base resultarán en que la base continuará sin carga, mientras que el ácido se desprotonará produciendo la sal correspondiente. Una vez más, la propia ionización de una base fuerte es suprimida por la base añadida.

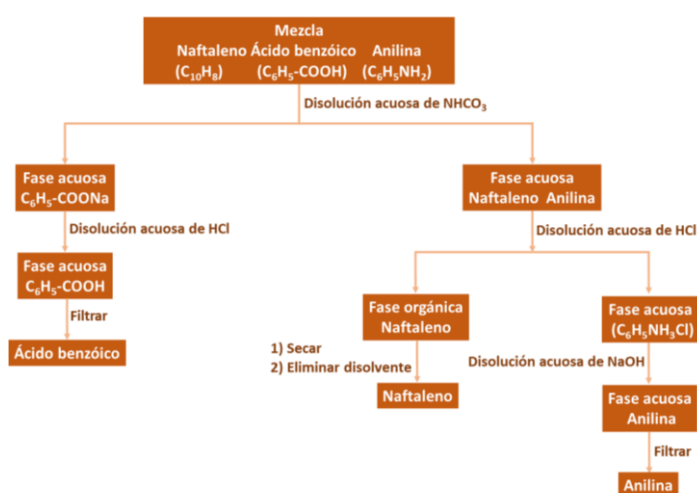
El procedimiento de extracción ácido-base también se puede utilizar para separar ácidos muy débiles de ácidos más fuertes y bases muy débiles de bases más fuertes, siempre que la diferencia entre sus constantes de pKa (o pKB) sea suficientemente grande. Por ejemplo:

Ácidos muy débiles con grupos fenólico OH como el fenol, 2-naftol (pKa alrededor 10) se pueden separar de ácidos más fuertes como el ácido benzoico o el ácido sórbico (pKa alrededor 4-5)

Bases muy débiles como la cafeína o 4-nitroanilina (pKB alrededor 13-14) se pueden separar de bases más fuertes como la mescalina o dimetiltriptamina (pKB alrededor 3- 4)

Normalmente el pH se ajusta a un valor más o menos entre el pKa (o pKB) de los compuestos que se han de separar. Para valores de pH moderadamente ácidos se utilizan ácidos débiles, como el ácido cítrico, el ácido fosfórico, o el ácido sulfúrico diluido. Para pH más ácidos se utiliza el ácido clorhídrico o sulfúrico más concentrado. Del mismo modo, para valores de pH ligeramente básicos se utilizan bases débiles como amoníaco o bicarbonato de sodio (NaHCO_3), y para pH más básicos se utiliza el carbonato de potasio (K_2CO_3) o el hidróxido de sodio (NaOH).

Así, por ejemplo, si tenemos una mezcla de un compuesto neutro (naftaleno), uno ácido (ácido benzoico) y uno básico (anilina) disueltos en un disolvente orgánico, se puede separar en sus componentes mediante extracciones sucesivas con disoluciones diluidas de ácidos o bases (Esquema 3). Las sales que se forman en estas extracciones son solubles en agua e insolubles en el disolvente orgánico, al contrario que el resto de los compuestos orgánicos de la mezcla inicial. Los compuestos orgánicos neutros no se verán afectados por estas reacciones ácido/base y permanecerán sin alteraciones en la disolución orgánica de partida. En todos los casos es necesario repetir la extracción con ácido o base varias veces, con el objetivo de garantizar la transformación de todo el compuesto orgánico ácido o básico en su sal.



Esquema 3. Extracción ácido-base

Una vez que el compuesto orgánico ácido o básico se encuentra disuelto en la fase acuosa en forma de su sal, puede recuperarse de nuevo mediante la

reacción ácido-base inversa, que transforma la sal en el compuesto orgánico de partida, insoluble en agua. Si el producto es sólido, se filtra, y si es líquido, se extrae con un disolvente orgánico adecuado.

Emulsiones

Una emulsión es la suspensión coloidal de un líquido en el seno de otro. Es un problema que se presenta con más frecuencia en los procesos de extracción, cuando las dos fases líquidas inmiscibles no se separan completamente o se separan con mucha dificultad, quedando la emulsión en la zona intermedia.

Las emulsiones son difíciles de romper, no obstante, para facilitar la separación completa de las dos fases pueden seguirse los siguientes consejos:

- Dejar el embudo en reposo, sin tapón, durante cierto tiempo y de vez en cuando girarlo alrededor de su posición vertical, ya que poco a poco ambas fases tienden a estabilizarse.
- Añadir una disolución saturada de cloruro sódico y agitar suavemente, ya que la presencia de una elevada concentración de un electrolito fuerte en la fase acuosa contribuye a la separación.
- Ayudar a la separación de ambas fases moviendo suavemente la interfase con una espátula.

Referencias

- Armarego, W. L. F. and Chai C. (2009). Purification of Laboratory Chemicals. USA: British, USA.
- Bates, R.B. y Schaefer J.P. (1977). Técnicas de Investigación en Química Orgánica. Madrid: Prentice-Hall International.
- Domínguez, X.A. y Domínguez S., X.A. (1990). Química Orgánica Experimental. México: Limusa-Noriega.
- Fessenden, R. J. and Fessenden J. S. (2001). Organic Laboratory Techniques. USA: Brooks and Cole.
- Pavia, D. L., Lampman, G. M. and Kriz, G. S. (1988). Introduction to Organic Laboratory Techniques. Philadelphia: Saunders College.

Pedersen, S. F. and Myers A. M. (2011). Understanding the Principles of Organic Chemistry: A Laboratory Course. USA: Brooks and Cole.

Vogel, A.I. (1989). Practical Organic Chemistry. London: Longman Scientific & Technical.

Williamson, K. and Masters K. (2010). Macroscale and Microscale Organic Experiments. USA: Brooks and Cole.