



SOLUBILIDAD

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). Solubilidad (monografía). Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM

Contenido

Objetivo	1
Introducción.....	1
¿Qué es la solubilidad?.....	1
Factores que afectan la solubilidad	2
La naturaleza del soluto y del disolvente.....	2
Otros factores que afectan la solubilidad	3
Apéndice	3
Referencias	4

Objetivo

Proporcionar a estudiantes de las licenciaturas en Ciencias Química-Biológicas y otras carreras relacionadas, un primer acercamiento sobre los conceptos de solubilidad a través de un material digital de apoyo útil y accesible que permitan la mejora de la enseñanza-aprendizaje.

Introducción

El término solubilidad se utiliza tanto para designar al fenómeno cualitativo del proceso de disolución como para expresar cuantitativamente la concentración de las soluciones. Puede expresarse en moles por litro, en gramos por litro o en porcentaje de soluto/disolvente. La sustancia presente en mayor cantidad suele recibir el nombre de disolvente, a la de menor cantidad se le llama soluto y es la sustancia disuelta.

La solubilidad de una sustancia depende de la naturaleza del disolvente y del soluto, así como de la temperatura y la presión del sistema, es decir, de su tendencia a alcanzar el valor máximo de entropía. Al proceso de interacción entre las moléculas del disolvente y las partículas del soluto para formar agregados se le llama solvatación y si el disolvente es agua, hidratación.

La solubilidad es de suma importancia, el 90 % de las reacciones químicas suele llevarse a cabo en solución y para realizar esta operación es necesario conocer el grado de solubilidad de las sustancias que participan en dichas transformaciones químicas.

En la industria química, por ejemplo, para separar o transformar el petróleo es indispensable disolverlo, esto es, hacer soluciones de él; se disuelve en compuestos orgánicos como diclorometano o hexano. Para hacer cremas, dentífricos, cosméticos, etc., es necesario hacer soluciones, y para extraer colorantes o aceites esenciales es necesario macerar las plantas en diversos disolventes orgánicos.

Dada la importancia que tiene la solubilidad, el presente trabajo tiene como encuadre presentar un primer acercamiento sobre los conceptos de solubilidad, de igual forma se pretende proporcionar a los estudiantes de las licenciaturas en Ciencias Química-Biológicas y otras carreras relacionadas, un material didáctico que ilustre de una manera accesible el concepto antes mencionado.

Es importante mencionar que este documento no pretende ser un material especializado, si no una introducción que sirva de apoyo.

¿Qué es la solubilidad?

La solubilidad es la capacidad de una sustancia para disolverse en otra. Puede expresarse en moles por litro, en gramos por litro o en porcentaje de soluto; cuando este se sobrepasa se denomina solución sobresaturada. El método preferido para hacer que el soluto se disuelva es calentar la muestra. La sustancia que se disuelve se denomina soluto y la sustancia donde se disuelve el soluto se llama disolvente.

El término solubilidad se utiliza tanto para designar al fenómeno cualitativo del proceso de disolución como para expresar cuantitativamente la concentración de las soluciones. En este contexto, para que ocurra una disolución es importante considerar que las moléculas del soluto y disolvente se podrán mezclar debido a interacciones intermoleculares (atracciones entre moléculas); cuando un soluto se disuelve sus moléculas se dispersan en el disolvente ocupando posiciones que pertenecían al disolvente.

La disolución es un proceso fisicoquímico complejo, la facilidad con que una partícula de soluto sustituya a una molécula de disolvente depende de la fuerza relativa de tres tipos de interacciones que se establecen entre soluto-soluto, disolvente-disolvente y disolvente-soluto, cada una de las cuales se caracteriza por cambios en las funciones termodinámicas, estableciendo un ciclo que explica el proceso de disolución como la suma de tres etapas.

- La primera implica la separación de las moléculas de soluto.
- La segunda, implica la separación de las moléculas de disolvente.
- En la tercera etapa se mezclan las moléculas de disolvente y de soluto.

El proceso global de disolución puede ser exotérmico o endotérmico, dependiendo de los valores relativos de las energías intercambiadas. Así, en los procesos de separación soluto-soluto (por ejemplo, la energía reticular, en el caso de las sales) y disolvente-disolvente (por ejemplo, puentes de hidrógeno en el agua) son procesos endotérmicos, ya que hay que vencer las atracciones existentes entre ellos. No obstante, la aproximación de las partículas de soluto y disolvente es un proceso exotérmico, debido a la formación de uniones entre ellas (por ejemplo, la solvatación). Dependiendo de las sustancias concretas que intervengan en el proceso de disolución, este podrá ser

globalmente endotérmico o exotérmico, dificultando o favoreciendo con ello una disminución de la entalpía libre de disolución (espontaneidad).

¿Has escuchado la frase “lo semejante disuelve lo semejante”? ¡Sin duda la has oído de tu profesor de química o ciencias en clases!

Esta frase se debe a que las sustancias son solubles en medios de polaridad semejante (propiedad de las moléculas que representa la separación de cargas eléctricas). Si tomamos como ejemplo el agua, que es el disolvente que comúnmente utilizamos en la vida cotidiana, veremos que no todas las sustancias son solubles en este medio. Así, el aceite será inmisible en un medio acuoso, ya que es una sustancia apolar y el agua es una sustancia polar (Figura 1); por lo tanto, se debiera esperar que sea inmisible en un medio acuoso.

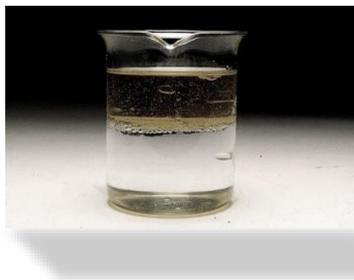


Figura 1. El vaso contiene agua y aceite que son sustancias inmiscibles. Fuente: elaboración propia.

El agua, que es una molécula polar (Figura 2), disolverá compuestos polares, como el azúcar o el etanol, o compuestos iónicos como la sal común

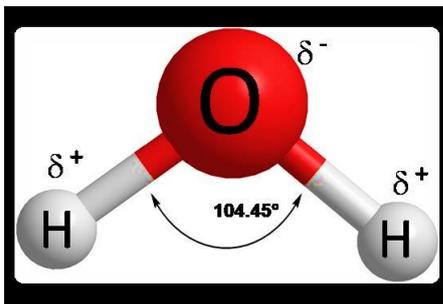


Figura 2. Polaridad de la molécula de agua. Fuente: elaboración propia con base en (Chang, & Goldsby, 2013).

De acuerdo con su solubilidad los compuestos se dividen en tres grandes categorías: solubles, ligeramente solubles e insolubles. Para los líquidos se recurre a términos más específicos: miscible e inmisible. Aquellos líquidos que pueden mezclarse entre sí y formar una solución homogénea son sustancias miscibles (ejemplo: agua y alcohol), y los

líquidos que no forman soluciones o son insolubles entre sí se denominan inmiscibles (ejemplo: agua y aceite).

Al proceso de interacción entre las moléculas del disolvente y las partículas del soluto para formar agregados se le llama solvatación y si el disolvente es agua, hidratación.

Factores que afectan la solubilidad

La solubilidad de un compuesto en un determinado disolvente depende de la naturaleza química del soluto y del disolvente, asimismo, de la temperatura y la presión.

La naturaleza del soluto y del disolvente

La solubilidad aumenta entre sustancias cuyas moléculas son análogas en sus propiedades estructurales y eléctricas. Cuando existe una similitud entre las propiedades eléctricas del soluto y del disolvente, se incrementan las fuerzas intermoleculares, favoreciendo la disolución del soluto en el disolvente.

Efecto de la temperatura en la solubilidad

La temperatura solo modifica la solubilidad de solutos sólidos y gaseosos, los líquidos no sufren ninguna alteración en su solubilidad, solo hasta que sean miscibles entre sí. En el caso de los sólidos, un aumento de la temperatura provocará en general un aumento de la solubilidad, aunque existen casos en donde la solubilidad sufre una pequeña variación e incluso disminuye al aumentar la temperatura. En la Figura 3 se muestra la dependencia entre la solubilidad en agua de algunos compuestos iónicos y la temperatura. Generalmente la solubilidad de la sustancia sólida se incrementa con la temperatura.

En el caso de los gases, un aumento de la temperatura produce siempre una disminución de la solubilidad y viceversa. Si se coloca en un recipiente una pequeña cantidad de bebida gaseosa, al ser calentada se observa inmediatamente una efervescencia derivada del escape de gas (dióxido de carbono) de la solución. Si se calienta agua, esta pierde el aire disuelto en ella.

Efecto de la presión en la solubilidad de los gases

La presión externa tiene algún grado de influencia sobre la solubilidad de líquidos y sólidos, pero afecta sustantivamente la solubilidad de los gases. Existe una relación que permite cuantificar la solubilidad de los gases y la presión, relación otorgada por la ley de

Henry, la cual establece que la solubilidad de un gas en un líquido es proporcional a la presión del gas sobre la disolución.

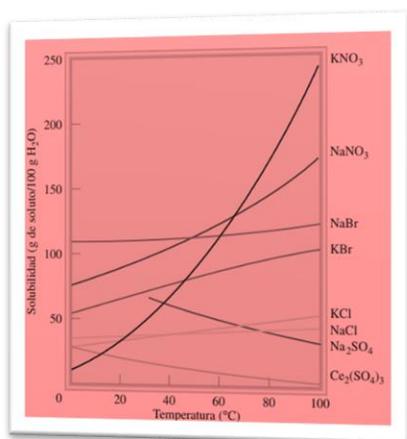


Figura 3. Dependencia de la solubilidad con temperatura de algunos compuestos iónicos. Fuente: adaptado de (Chang, & Goldsby, 2013).

Esta ley la podemos entender desde un punto de vista cualitativo: la cantidad de gas que se disolverá en un disolvente depende de qué tan a menudo choquen las moléculas del gas con la superficie del líquido y queden atrapadas por la fase condensada. Cuando se aumenta la presión parcial se disuelve una mayor cantidad de moléculas en el disolvente, debido a que están chocando con la superficie, como se observa en la Figura 4.

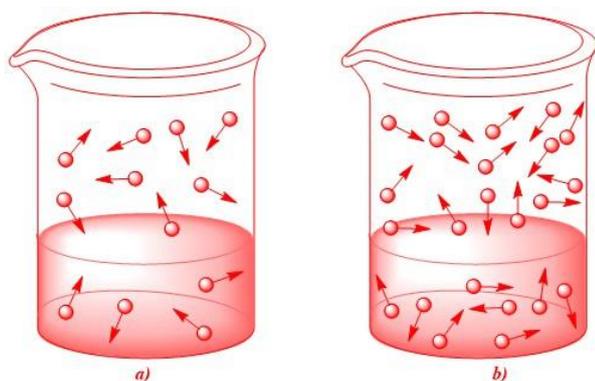


Figura 4. Representación esquemática de la ley de Henry. En la figura B se observa que cuando la presión parcial del gas aumenta la concentración del gas disuelto disminuye. Fuente: elaboración propia basado y adaptado de (Chang & Goldsby, 2013).

Otros factores que afectan la solubilidad

La presencia de especies disueltas en el disolvente es otro factor que incide en la solubilidad. Si el líquido en cuestión alberga complejos metálicos, la solubilidad

será alterada; el exceso o el defecto de un ion común en la solución y la fuerza iónica también incidirán.

De acuerdo con las condiciones de la solubilidad, puede hablarse de solución diluida (la cantidad de soluto aparece en mínima proporción con respecto al volumen del disolvente), solución concentrada (con una cantidad importante de soluto), solución insaturada (no alcanza la cantidad máxima tolerable de soluto), solución saturada (cuenta con la mayor cantidad posible de soluto) o solución sobresaturada (contiene más soluto del que puede existir).

La polaridad de las sustancias es un factor que tiene una gran influencia sobre su capacidad de solubilidad.

Las sustancias con enlace covalente polar se disuelven también en agua, esto se debe a interacciones entre las cargas parciales opuestas presentes en las moléculas, esto explica por qué el agua disuelve sustancias como el azúcar o el fenol, e igualmente por qué la acetona y el alcohol son miscibles en agua.

Las moléculas de soluto con enlaces covalentes no polares no interactúan con la molécula del agua, por ello la mayoría de las moléculas orgánicas son insolubles en el vital líquido. Las moléculas no polares se disuelven fácilmente en disolventes con enlace covalente no polar, esto explica por qué las moléculas de benzoato de metilo son solubles en acetato de etilo.

El agua es considerada el disolvente universal, distinguiéndose de otros compuestos, puesto que es utilizada como el principal componente en muchos experimentos y casos de solubilidad. La solubilidad se expresa como la cantidad de soluto que existe en 100 g de disolvente y depende de muchas otras cosas, como son la temperatura, el estado de la sustancia (líquido o sólido), la polaridad y los iones que contiene, entre otras.

Apéndice

Disolvente. Sustancia que permite la dispersión de otra en su seno. Es el medio dispersante de la disolución. Normalmente, el disolvente establece el estado físico de la disolución. También es el componente de la mezcla que se encuentra en mayor proporción.

Disolventes polares. Son sustancias en cuyas moléculas la distribución de la nube electrónica es asimétrica; la molécula presenta un polo positivo y otro negativo separados por una cierta distancia, por lo que se forma un dipolo permanente. El ejemplo clásico de disolvente polar es el agua. Los alcoholes de baja masa molecular también pertenecen a este tipo de disolventes.

Los disolventes polares se pueden subdividir en disolventes próticos y disolventes apróticos. Un disolvente polar prótico contiene un enlace de O-H, N-

H o S-H, mientras que un disolvente polar aprótico no presenta los enlaces mencionados. El agua (H-O-H), el etanol y el ácido acético son disolventes polares próticos; la acetona es un disolvente polar aprótico.

Disolventes apolares. En general son sustancias de tipo orgánico en cuyas moléculas la distribución de la nube electrónica es simétrica, por lo tanto, carecen de polo positivo y negativo. No pueden considerarse dipolos permanentes, lo cual no implica que algunos de sus enlaces sean polares, todo dependerá de la geometría de sus moléculas. Si los momentos dipolares individuales de sus enlaces están compensados, la molécula será, en conjunto, apolar. Algunos disolventes de este tipo son: dietiléter, cloroformo, benceno, tolueno, xileno, cetonas, hexano, ciclohexano, tetracloruro de carbono, etc. Un caso especial lo constituyen los líquidos fluorados, que se comportan como disolventes más apolares que los disolventes orgánicos convencionales.

Entalpía. Cantidad de energía que un sistema termodinámico intercambia con su medio ambiente en condiciones de presión constante, es decir, la cantidad de energía que el sistema absorbe o libera a su entorno en procesos en los que la presión no cambia.

Proceso exotérmico. Proceso donde un sistema pierde calor (*exo-* significa afuera). Durante un proceso exotérmico, el calor sale o fluye hacia afuera del sistema, es decir, hacia el entorno.

Proceso endotérmico. Proceso en el cual un sistema absorbe calor (*endo-* significa adentro). Durante un proceso endotérmico, el calor fluye hacia adentro del sistema desde su entorno.

Soluto. Se llama soluto a la sustancia minoritaria (aunque existen excepciones) en una disolución o, en

general, a la sustancia de interés. Lo más habitual es que se trate de un sólido que es contenido en una solución líquida (sin que se forme una segunda fase).

Temperatura. Es una magnitud física que indica la intensidad de calor o frío de un cuerpo, de un objeto o del medio ambiente en general, medida por un termómetro.

Referencias

Brown, T. L., LeMay Jr, H. E., Bursten, B. E., Murphy, C. J. & Woodward, Patrick M. (2012). *Química: La ciencia central*. 12ª ed. Pearson.

Chang, R. & Goldsby, K. A. (2013). *Química*. 11ª ed. McGraw-Hill.

Garbelotto, P. (2008). *Solventes Industriales. Selección, Formulación y Aplicación*. Blucher.

Gregersen, E. (2018, diciembre 17). Enciclopedia Britannica. Solubility. <https://www.britannica.com/science/solubility-chemistry>

Raffino, M. R. (2020, diciembre 10). Solubilidad. <https://concepto.de/solubilidad/>

Reboiras, M. D. (2006). *Química: la ciencia básica*. Editorial Paraninfo.

Rodríguez Alzamora, R.J. (2017). *Fundamentos de Química General: Disoluciones, Propiedades Coligativas y Gases Ideales*. UPSE.