



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

EL TRIÁNGULO DE SOLUBILIDAD. Una herramienta básica.

Apellidos, nombre	M ^a Antonia Zalbidea Muñoz (manzalmu@crbc.upv.es)
Departamento	Conservación y Restauración de Bienes Culturales.
Centro	Facultad de Bellas Artes, UPV.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

1 Resumen de las ideas clave

En este trabajo, se presenta la herramienta "triángulo de solubilidad" como herramienta fundamental en los procesos de limpieza pictórica, a partir de la propia definición del mismo y de ejemplos de su uso.

2 Introducción

La limpieza, es aquella operación basada en la capacidad de disolver un material de una superficie determinada, sin alterar las capas subyacentes.

Los materiales presentes en la superficie de las obras policromas están sujetos, al envejecimiento y a cambios estructurales. A su vez, se ven asociados a alteraciones cromáticas que pueden modificar profundamente las propiedades ópticas de la capa, es decir, la apariencia estética de la obra, llegando a comprometer gravemente la lectura.

El concepto moderno y universalmente compartido de que una restauración completa comporta ciertas operaciones de limpieza, y así eliminar los factores de alteración de la obra, ha calado, por ello, la limpieza es una de las operaciones llevadas a cabo con mayor frecuencia en la restauración de obras. Además es una de las operaciones más complejas, por diferentes razones; Es una operación sustancialmente irreversible, ya que tiende a eliminar el material; se produce en un área vital de la pintura, ya que está en contacto directo con la capa pictórica.

Tradicionalmente, en las operaciones de limpieza, se han requerido el uso de disolventes orgánicos neutros, a menudo caracterizados por la alta toxicidad y riesgo potencial para la integridad del restaurador. Siendo aquella operación aquella que mayor impacto estético produce y por ello la convierte en una operación particularmente crítica.

Por esta razón, resulta necesario poder respaldar y fundamentar, con una base de conocimiento objetivo, el porqué de la elección y el cómo de la acción de los disolventes seleccionados.

Tener una noción de qué son y cómo actúan los disolventes orgánicos neutros determina el conocimiento y manejo de una herramienta como el triángulo de solubilidad.



3 Objetivos

Una vez que el alumnado lea con detenimiento este documento, será capaz de:

- Presentar una adecuada definición sobre el triángulo de solubilidad, también conocido como triángulo de Teas.
- Revisar términos y conceptos básicos de la teoría de los disolventes en restauración
- Conceptualizar el trabajo práctico de la remoción de suciedad, barnices oxidados y repintes en pintura.
- Familiarizarse con la terminología especializada.

4 Disolvente

Entendemos como disolvente, aquel material que generalmente se encuentra en estado líquido, que tiene la capacidad de disolver o separar el material sobre el cual es aplicado. El solvente más común en la vida cotidiana es el agua, aunque también usamos muchos otros disolventes que son compuestos orgánicos neutros, es decir que tienen enlaces de carbono-hidrógeno en su estructura (alcoholes, cetonas, hidrocarburos, entre otros).

La "solubilidad" de la sustancia que se quiere disolver, depende de las fuerzas de atracción intermoleculares¹ que unen el material compositivo de esta sustancia, y éstas pueden ser de 3 tipos:

- Van der Waals (de London) o fuerzas de dispersión (F_d)
- Dipolo-dipolo (dipolo permanente) o fuerzas polares (F_p)
- Enlace de hidrógeno o fuerzas de puentes de hidrógeno (F_h)

Por lo tanto también se puede decir, que la solubilidad de una sustancia es la capacidad de un sólido a ser dispersado en/por un disolvente, y por lo tanto para que la acción del disolvente pueda

¹ Otras características que también influyen en la disolución de las sustancias son: la penetración, la evaporación, la difusión, la tensión superficial, la viscosidad y la retención.



realizarse, es necesario que las fuerzas de unión entre las moléculas de disolvente y sólido sean similares. En la práctica, es fácil comprobar que no cualquier disolvente tiene la capacidad necesaria para disolver un determinado sólido. Lo que esencialmente deben tener en común un estrato sólido y el disolvente que busca removerlo, son los tipos de fuerzas que mantienen sus moléculas respectivamente unidas.

4.1 Tipo de uniones entre las moléculas.

Las fuerzas a través de las cuales las moléculas se mantienen juntas se llaman intermoleculares, estas son mucho más débiles que las fuerzas intramoleculares, a través de las cuales las moléculas se conforman (con enlaces covalentes, iónicos y metálicos). Debido a esta debilidad, las fuerzas intermoleculares no se consideran enlaces. Ver imagen 1.

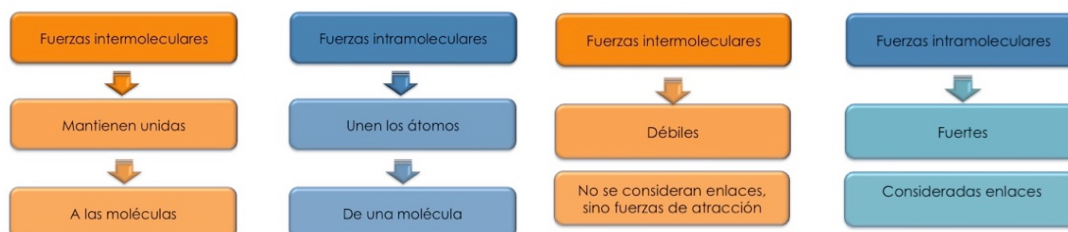


Imagen 1. Tipos de uniones moleculares

La identificación y cuantificación de este tipo de fuerzas de atracción del disolvente es posible gracias a la determinación de sus parámetros de solubilidad. Hildebrand (1950), Burrell (1956), Hansen (1966) y otros, calcularon parámetros numéricos para fijar energías cohesivas de un disolvente en función de la contribución de las fuerzas Intermoleculares. Así Teas (1968) realiza el cálculo de porcentajes a partir de los estudios anteriores para poder trasladar y adaptar los parámetros de solubilidad a un triángulo con representación grafica bidimensional. Creando así una herramienta tradicional y básica de la ciencia de conservación.

Teas plantea que hay básicamente tres grandes fuerzas que componen un disolvente: las fuerzas dipolo permanente (F_p), las fuerzas de hidrógeno (F_h), y las fuerzas de dispersión (llamadas de



London o de Van der Waals) (F_d). Una vez asumido esto, Teas se basó en los parámetros de solubilidad de Hildebrand para normalizar estas fuerzas a una escala de 0 a 100% (Ver imagen 2).

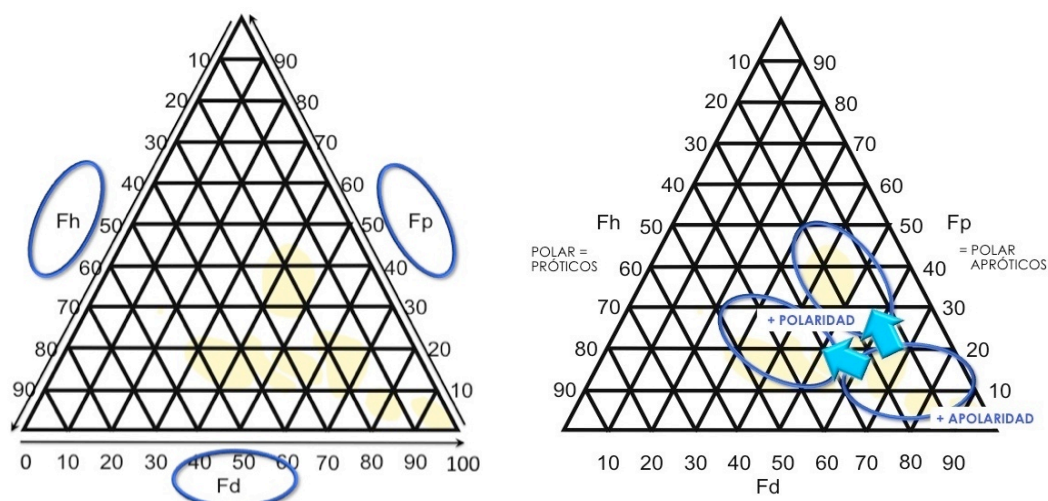


Imagen 2. Representación gráfica de parámetros de solubilidad. Triángulo de Teas.

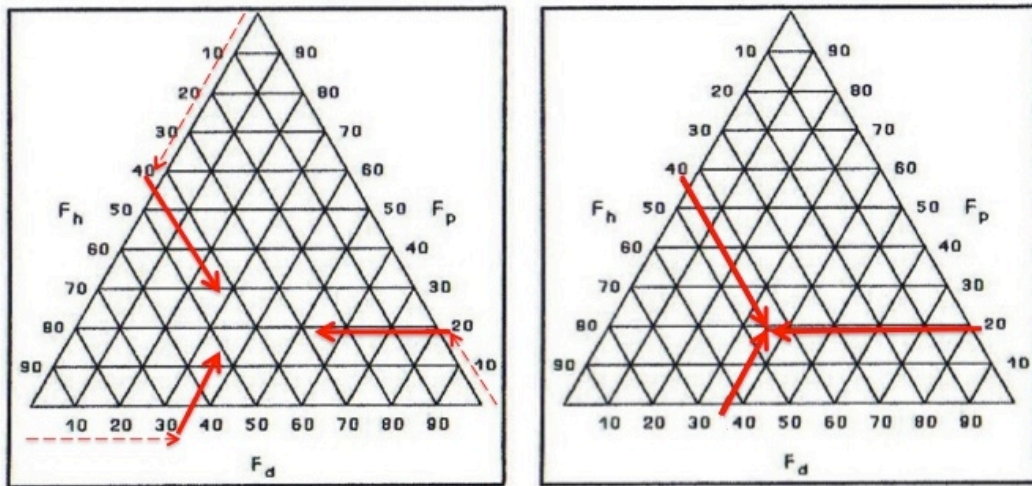
Y así, una vez determinados los parámetros de solubilidad de cada disolventes se distribuyen los tres tipos de fuerzas que determinan los parámetros en el triángulo de Teas, disponiéndose de la siguiente forma:

1. Las fuerzas de dispersión (F_d) aparecen representadas en la base del triángulo, estando situado el valor 0 de estas en el vértice inferior izquierdo y el valor 100 en el vértice inferior derecho.
2. Las fuerzas polares (F_p) se representan en el lado derecho del triángulo, situando el valor 0 en el vértice inferior derecho y el valor 100 en el vértice superior.
3. Los enlaces de hidrogeno (F_h) se representan en el lado izquierdo, siendo el valor 0 en el vertiente superior y el valor 100 en el vértice izquierdo.

De esta forma se puede afirmar que un disolvente es más polar (afín al agua) conforme se aleja del vértice derecho inferior. Pero ¿Cómo situamos un disolvente en el triángulo?, si contamos con que los parámetros del etanol son: F_d 36, F_p 18 y F_h 46, podemos ubicarlo en el triángulo: comenzando por el parámetro F_d , nos situamos en el



numero indicado (36) y seguimos la dirección paralela partiendo del punto 0, así debemos de hacer con los otros dos parámetros. Una vez trazados los tres ejes, se creará un punto en el que se cruzan las tres líneas introducidas y asimismo obtendremos la zona equivalente a dicho disolvente (ver imagen 3).



Alcohol etílico F_d 36, F_p 18, F_h 46

Imagen 3. Situación del Etanol en el triángulo de solubilidad.

Como se puede comprobar (situar un disolvente en el triángulo de solubilidad) no es una operación complicada, pero para ello es imprescindible conocer los parámetros de los disolventes que se desean situar. Cualquier disolvente o grupos de éstos pueden ser ubicados en el triángulo de solubilidad, a partir de sus tres parámetros de solubilidad (ver figura nº 4). También se pueden situar las mezclas realizadas de tres o más solventes, después de realizar un cálculo matemático².

² Estos cálculos los veremos en las sesiones teóricas.

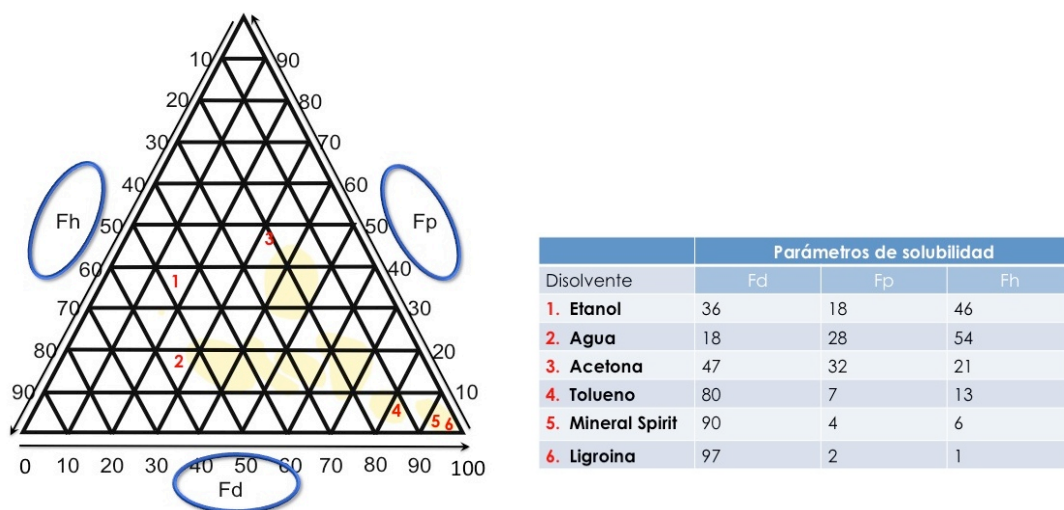


Imagen 4. Triángulo de solubilidad con los principales disolventes.

Es importante recordar que en el triángulo de solubilidad no aparecen representados parámetros importantes como el pH y por ello la acción que un disolvente puede realizar sobre parámetros como la acidez o la alcalinidad. Esto es debido a que la disolución que realizan los disolventes representados en este triángulo es un proceso meramente físico, mientras que la modificación realizada por disolventes ácidos y básicos son fenómenos químicos que conllevan la rotura y posterior formación de nuevos enlaces. Por ello, estos disolventes que solo generan una disolución física son llamados disolventes orgánicos neutros, y son los que nos permitirán tener un primer acercamiento a los procesos de limpieza en superficies policromas.

4.2 Los disolventes orgánicos neutros.

El término neutro se refiere al hecho de que estos disolventes no tienen características ácidas o básicas; hidrocarburos, cetonas, alcoholes, ésteres... La habilidad que presentan estos líquidos por disolver ciertos materiales sólidos se explica principalmente en un mecanismo de tipo físico que acciona solo sobre los enlaces intermoleculares, sin reaccionar sobre los intramoleculares, generándose, además esta disolución por afinidad de materiales. Es decir, cuanto más similar sea el material que debemos de disolver (al disolvente), más eficaz será la disolución.



El uso de los disolventes orgánicos neutros en los procesos de limpieza de obras policromas es una práctica habitual en la restauración, y las razones son múltiples. Su eficacia y rápida acción, bajo coste y aparentemente la sencillez de su uso, representan sobretodo para el restaurador requisitos fundamentales que anulan las posibles alternativas de material o trabajo. Estas ventajas hacen olvidar algunos aspectos negativos como son:

- Su potencial toxicidad para el restaurador
- Su potencial riesgo hacia la integridad de la misma obra.

En cuanto al potencial riesgo hacia la integridad de la obra, debemos recordar que habitualmente estos disolventes poseen una velocidad de difusión y penetración que hacen que lleguen a entrar en contacto con los estratos internos de la obra, generando acciones indeseadas sobre materiales que queremos conservar y no eliminar con la limpieza.

Para poder clasificar y ordenar los disolventes orgánicos neutros en el triángulo de Teas, los restauradores solemos clasificarlos en base a la afinidad de tales por mezclarse con sustancias hidrófilas, es decir, por la capacidad de mezclarse con el agua. Así en el triángulo, distinguiremos tres áreas bien diferenciadas en las que se clasificarán los disolventes por mezclarse muy bien con el agua, medianamente bien y no mezclarse con esta. A esta capacidad se le denomina como polaridad o hidrofilia³ de los materiales, en cambio, denominaremos a aquellos disolventes que no son capaces de mezclarse con el agua como sustancias apolares o hidrófobas. La polaridad viene determinada por la cantidad y tipo de enlaces o fuerzas moleculares que contienen los disolventes. A mayor enlaces fuerzas de dispersión (F_d), mayor grado de apolaridad presentará el disolvente, por el contrario mayor cantidad de fuerzas polares (F_p) y enlaces de hidrogeno (F_h), mayor polaridad presenta el disolvente. (ver imagen 5).

³ Ser capaz de mezclarse con agua.

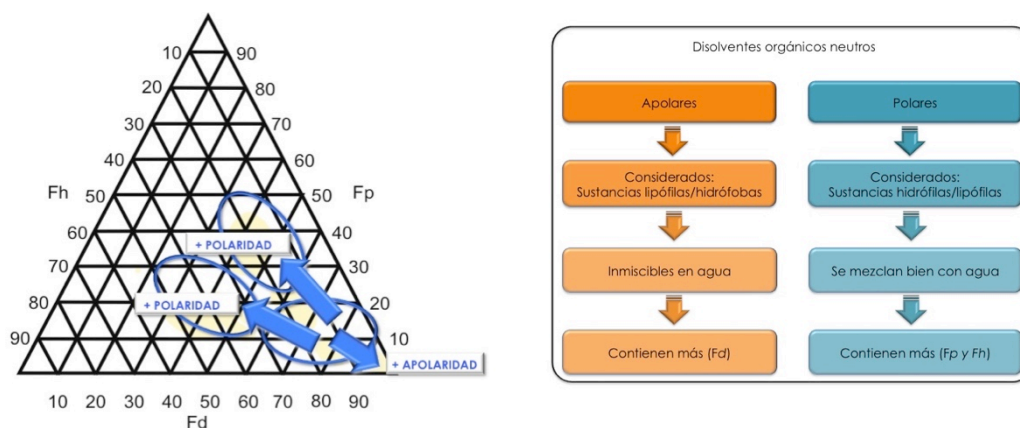


Imagen 5. Clasificación Básica de los disolventes orgánicos neutros.

El agua es por excelencia el disolvente polar (Fd19, Fp22, Fh58), además es un disolvente muy particular porque es capaz de ser neutro, pero también interaccionar sobre el pH de una sustancia. Por lo contrario los disolventes más apolares son los hidrocarburos (existen varios tipos de hidrocarburos; saturados –Heptano Fd96, Fp2, Fh2-, no saturados –Ciclo hexano Fd94, Fp2, Fh4-, aromáticos –Benceno Fd76, Fp7, Fh17- y halógenos – Tricloroetileno Fd68, Fp12, Fh20-)⁴.

5 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje se ha visto cual es la definición del triángulo de solubilidad, su creación y ciertos parámetros básicos para obtener un uso correcto. Los consejos vienen acompañados por imágenes que ayudan a la comprensión del texto y que aportan información básica fundamental. Se revisan términos y conceptos básicos de la teoría de los disolventes en restauración, pretendiendo que el alumno se familiarice con la nueva terminología.

El triángulo de solubilidad, es una herramienta que nos puede ayudar a determinar información fundamental y básica en los procesos de limpieza; ofrece la posibilidad de anticipar el poder de disolución de un disolvente o mezcla de ellos, basándose en la ubicación de éstos en determinadas áreas de solubilidad del

⁴ Según Masschelein-Kleiner, L.: Les Solvants, p.59-70.



triángulo, también permite poder conocer las zonas de mayor peligro para los estratos pictóricos.

Pero que como veremos, tiene sus limitaciones ya que puede determinar la selección del disolvente, pero no determinar el sistema con que se realizará la limpieza polícroma.

6 Bibliografía

6.1 Libros:

Masschelein- Kleiner, L.: "Los Solventes". Santiago de Chile, CNCR, 2004.

Torraca, G.: "Solubilidad y disolventes en los problemas de conservación". ICCROM, 1ª Ed., 1981.

6.2 Referencias de Revistas:

Castro Concha, A.: "Solventes y diluyentes para la remoción de barnices: revisión de la teoría básica para la conceptualización del trabajo práctico", en la revista Conserva Centro Nacional de Conservación y Restauración /DIBAM. Nº 8, pág. 123-144, 2004.

6.3 Referencias de fuentes electrónicas:

Masschelein and Kleiner, L. Les Solvants. [en línea] Título original: Les solvants, Liliane Masschelein-Kleiner. 2004, Centro Nacional de Conservación y Restauración, Chile. Traducción: Alejandra Castro Concha. [Disponible en]:

<http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CEUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.dibam.cl%2Fupload%2Fi1551-2.pdf&ei=djQRUMPIMaGk0QXnoYCoBQ&usq=AFQjCNGKNH280gljaEatYOuG1vF-lpJHFQ>

Saera Vila, A.: [en línea] Estudio comparativo de aplicaciones informáticas para el calculo de parámetros de solubilidad. TFM, Dpto. CRBC. UPV. 2007. [Disponible en]:

http://www.google.es/search?hl=es&source=hp&biw=&bih=&q=Estudio+comparativo+de+aplicaciones+informáticas+para+el+calculo+de+parámetros+de+solubilidad&gbv=2&oq=Estudio+comparativo+de+aplicaciones+informáticas+para+el+calculo+de+parámetros+de+solubilidad&gs_l=heirloom-hp.3...6721.6721.0.7423.1.1.0.0.0.437.437.4-1.1.0....0...1ac.1.34.heirloom-hp..1.0.0.uzwo-OXnPFY