

Solventes y diluyentes para la remoción de barnices: revisión de la teoría básica para la conceptualización del trabajo práctico

Alejandra Castro Concha

RESUMEN

Este artículo revisa términos y conceptos básicos de la teoría de los solventes en restauración, con el objetivo de conceptualizar el trabajo práctico de la remoción de barnices en pintura de caballete, así como colaborar a la fundamentación científica de las metodologías utilizadas.

Se definen términos como barnices, solventes y óleo, con referencias básicas a su química constructiva y a cómo interactúan los estratos pictóricos y de barnices al entrar en contacto con los solventes.

Posteriormente se integran al marco teórico revisado datos recogidos sobre los solventes utilizados para la remoción de barnices, por los conservadores-restauradores de pintura, realizando un análisis que establece la posibilidad y la necesidad de una mayor selectividad en la utilización de éstos, buscando colaborar a la estandarización de nuestras prácticas a través de un lenguaje común.

Se incluyen análisis específicos realizados para la identificación de los compuestos de diluyentes industriales, de uso común, los cuales se circunscriben dentro del marco teórico desarrollado.

Palabras claves: barnices, solventes, nitro, óleo, dilatación, lixiviación, triángulo de solubilidad.

ABSTRACT

This article reviews terms and basic concepts of solvent theory in restoration in order to conceptualize practical work of varnish removal in easel painting, as well as to collaborate with the scientific basis of methodologies in use.

Terms such as varnish, solvent and oil are defined, with basic references to their chemistry and the way how paint and varnish layers interact when coming into contact with solvents.

Subsequently, data gathered by painting conservators about solvents used in varnishes removal treatments is considered into this theoretical review, performing an analysis that establishes the possibility and need of a greater selection process in their use, seeking to collaborate with the standardization of professional procedures through a common language.

The following includes specific analysis carried out for the identification of commonly used industrial diluents compounds, which are circumscribed within the theoretical framework.

Key Words: varnishes, solvents, nitro, oil, dilatation, leaching, solubility triangle.

Alejandra Castro Concha. Licenciada en Arte con Mención en Restauración. PUC. Conservadora y Restauradora de Pinturas.

INTRODUCCION

Uno de los tratamientos más recurrentes en conservación de pintura es la remoción de barnices, comúnmente compuestos de una resina natural disuelta en un solvente volátil. Los barnices con el tiempo se oscurecen y amarillean, formando un velo que altera visualmente los colores y recursos pictóricos originales, como los contrastes entre luz y sombra, modelados y los efectos de perspectiva, entre otros.

Cuando se aplican solventes sobre el estrato de barniz no deseado, éstos interactúan muy directamente con la capa de pintura subyacente.

Entendiendo que el o los estratos pictóricos definen la naturaleza de una pintura en cuanto conforman la imagen y a través de esta, su significancia, trascendencia y reconocimiento como obra de arte, las operaciones de remoción de barnices son sin duda una de las más delicadas y complejas de realizar para el conservador. Por esta razón, es que resulta necesario poder respaldar y fundamentar, con una base de conocimiento objetiva, el porqué de la elección y el cómo de la acción de los solventes, más allá de la constatación empírica de un resultado positivo.

Tener una noción de qué son y cómo actúan los solventes orgánicos determina el conocimiento y manejo acabado de una herramienta compleja, “y es razonable esperar de los profesionales de la conservación un alto nivel de refinamiento en su utilización”.¹



Foto 1. Testigo de barniz amarilleado que evidencia el nivel de alteración cromática así como de recursos pictóricos, que provocan los barnices al oxidarse y degradarse. Autorretrato de Sir Godfrey Kneller (s. XVII), de la Colección del Victoria & Albert Museum de Londres

¿QUE ES UN BARNIZ?

Un barniz es un revestimiento que se aplica sobre una superficie, con el fin de protegerla y realzar su apariencia. Generalmente los barnices que se remueven en conservación, se componen de una resina natural, disuelta en un aceite secativo o en un solvente volátil.

Las resinas naturales son el damar, mastique, copal y goma laca (schellac), entre otras. El término también se aplica para designar las resinas sintéticas (vinílicas y acrílicas, entre otras).

Las resinas naturales están formadas por la unión de unidades moleculares llamadas terpenos², que son derivados de la unión y modificación del isopreno². Según la cantidad de moléculas de isopreno presentes y contando los átomos de carbono, se distinguen los terpenos como monoterpenos, diterpenos, triterpenos (el damar y el mastique) y así sucesivamente hasta los politerpenos, que tienen sobre 30 átomos de carbono.

1 Phenix, 1998: p. 387.

2 Los terpenos son compuestos orgánicos que se dan en forma natural y que se construyen a partir de la unión de una molécula (monómero), también de origen natural, llamado isopreno, el cual se encuentra como aceite volátil en plantas y árboles.

Un barniz al solvente, en el momento de ser aplicado, es un líquido claro y transparente, que al secarse sobre la superficie de la pintura se aprecia como una película fina y transparente. Feller³ identificó tres etapas de la vida y envejecimiento de una capa de barniz de resina natural al solvente. La primera consiste en la evaporación del solvente, que es cuando el barniz se aprecia seco al tacto. En la práctica, el barniz estará realmente seco mucho después, pudiendo registrarse cierto porcentaje del solvente aún presente hasta 50 días después de la aplicación. En una segunda etapa, una vez completamente evaporado el solvente, las propiedades del barniz permanecen muy estables, correspondiendo éstas a las propias de la resina utilizada. Ya en el tercer período, el estrato de barniz empieza a sufrir alteraciones en sus propiedades. Esto se debe a un proceso de deterioro del revestimiento, principalmente determinado por su oxidación, la que tiene lugar por la reacción en cadena de radicales libres⁴, que abundan en las resinas triterpénicas. También se relacionan al proceso de envejecimiento de una capa de barniz otras reacciones químicas como su polimerización⁵ y depolimerización, isomerización⁶, así como entrecruzamiento de cadena de polímeros lineales⁷ (cross-linking).

Las consecuencias observables de estas transformaciones químicas se verán reflejadas en el cambio del color (oxidación por reacción en cadena de radicales libres) o en que la película de barniz se tornará quebradiza (degradación por depolimerización y oxidación⁸). Así también, el barniz se tornará más duro e insoluble, debido a la reacción de entrecruzamiento. El principal resultado químico de estos procesos de deterioro, es que estos revestimientos se tornarán cada vez más polares, teniendo esto gran influencia para lograr su disolución.

¿QUE ES EL OLEO?

Cualquier medio pictórico está constituido por pigmentos (los colores en forma de finas partículas) y un aglutinante. En el caso de la pintura al óleo, el aglutinante esencial corresponde a un aceite secativo (insaturado) como es el de linaza. La denominación de aceite secativo se refiere a que este aglutinante, a diferencia de los medios acuosos así como al de un barniz al solvente, no se seca por evaporación (del agua o solvente respectivamente), sino que se va solidificando a través de un proceso de oxidación⁹. Estas reacciones de oxidación van uniéndose entre sí moléculas insaturadas¹⁰ llamadas triglicéridos¹¹, que componen el aceite dando origen a un polímero tridimensional de estructura muy cerrada. En forma simultánea al proceso de polimerización, se va produciendo uno de depolimerización (separaciones en el polímero), dando origen a otras moléculas más pequeñas como ácido dicarboxílico, cetonas, aldehídos, alcoholes y agua, entre otros. Estos productos de la descomposición, junto a las moléculas originales (triglicéridos), dan origen a

-
- 3 Cfr. Feller, 1985 : p. 3.
 - 4 Los radicales libres son moléculas, o fragmentos de ellas, que son muy inestables y reactivas, porque contienen un número impar de electrones en su órbita más externa. Esto implica que reaccionarán fácil y rápido con otros compuestos. Generalmente los radicales "atacan" moléculas estables cercanas, "robándoles" un electrón, lo que convertirá a su vez a esta molécula en un radical libre, comenzando una reacción en cadena (como un efecto dominó).
 - 5 La polimerización es la combinación de pequeñas moléculas (monómeros) para formar grandes moléculas.
 - 6 Los isómeros son moléculas con una misma composición (los mismos átomos) pero dispuestos de otra forma, pudiendo esto alterar las propiedades físicas y químicas de un compuesto. Isomerización se refiere a la transformación de la estructura de una molécula, sin agregar ni perder átomos originales.
 - 7 Proceso en que cadenas poliméricas individuales se unen entre sí, a través de puentes, dando origen a una sola molécula.
 - 8 Además se ha determinado que los estratos de barniz y también los de aceite se tornan cada vez más ácidos con el tiempo, lo que ha determinado en los últimos 10 a 15 años la utilización de geles de solventes con bases acuosas, controlando el pH (Richard Wolbers, *Cleaning painted surfaces. Aqueous methods*. Archetypes. 2000).
 - 9 Pérdida de uno o más electrones por parte de un átomo o molécula, durante una reacción química. Reacción química en que un átomo o molécula aumenta la cantidad de átomos de oxígeno a la cual se coordina.
 - 10 Las moléculas insaturadas son las que tienen al menos un enlace doble o triple, lo que las hace muy reactivas. Estas moléculas reactivas del aceite de linaza (triglicéridos) cambian sus dobles enlaces por uno simple, dándole cabida al átomo de oxígeno que las va uniendo, formando el polímero y "secándose".
 - 11 Los triglicéridos son lípidos con determinada conformación química. Los lípidos son conjuntos de moléculas orgánicas que tienen como principal característica ser hidrófobas (insolubles en el agua).

un plastificante¹², que forma parte de la película de óleo “seca”. En estos procesos, los pigmentos presentes pueden acelerar o retardar las reacciones citadas.

Estos procesos de deterioro y transformaciones químicas evidencian que las películas oleosas antiguas tienen una estructura química interna muy diferente de una película nueva. La principal consecuencia de estos procesos, es que las películas de aceite se van tornando a través de los años cada vez más polares. En este proceso inciden, además de procesos de oxidación, otros como de hidrólisis¹³.

¿QUE ES UN SOLVENTE?

Un solvente es cualquier material, en general líquido, que tiene la capacidad de disolver otro material y formar una mezcla homogénea, llamada solución.

El solvente más común en la vida diaria es el agua. Muchos otros solventes son compuestos orgánicos, es decir que tienen enlaces de carbono-hidrógeno en su estructura (alcoholes, cetonas, hidrocarburos, entre otros).

Estos diferentes solventes disolverán diferentes materiales dependiendo de las características físicas y químicas de ambos. La disolución de un sólido (soluto) implica, por definición, la mezcla homogénea de éste en el solvente o disolvente. Dicho de otra forma, las moléculas del solvente se introducen entremedio de las moléculas del sólido para separarlas. En el caso de los barnices, que corresponden a moléculas de gran tamaño, en general no se produce una mezcla homogénea, aunque las moléculas del solvente, al internarse en la estructura del barniz, permiten que el sólido se hinche, posibilitando su remoción. En esta interacción, las moléculas del soluto seguirán bastante unidas y, por lo tanto, la acción del solvente consistirá en dispersarlas, permitiendo que escurran las unas sobre las otras y que por lo tanto puedan ser removidas con el hisopo¹⁴.

“Los solventes no son muy específicos en su acción, pudiendo tener mayor o menor efecto sobre todos los materiales orgánicos con los cuales entran en contacto”¹⁵. En la práctica, es fácil constatar que no cualquier solvente tiene la capacidad para disolver determinado sólido. Lo que esencialmente deben tener en común un barniz y el solvente que busca removerlo, en orden a lograr el grado de dispersión necesaria, son los tipos de fuerzas que mantienen sus moléculas respectivamente unidas. Otros factores que inciden en esta posibilidad están relacionados con conceptos de termodinámica¹⁶, además de la capacidad de los solventes para penetrar (difundirse) en los estratos pictóricos y del tiempo que éstos pueden permanecer ahí (retención), hasta evaporarse completamente¹⁷.

12 Cfr. Stolow, 1972: p. 153.

13 Cfr. Phenix, 2002: p. 64. La hidrólisis es cualquier reacción donde el agua provoca la descomposición de una molécula. En este caso la hidrólisis conlleva un proceso de desesterificación.

14 Cfr. Masschelein-Kleiner, 2004: p. 38.

15 Cfr. Phenix, 1998: p. 387.

16 Rama de la ciencia que estudia, desde un punto de vista macroscópico, las transformaciones de la energía en los sistemas de estructura muy elaborada y compleja. Estudia las relaciones entre el calor y las restantes formas de energía (mecánica y eléctrica).

17 La capacidad de penetrar así como la retención de los solventes están determinadas por dos y tres características físicas, respectivamente: la viscosidad y la tensión superficial, definen la penetración mientras la temperatura de ebullición, la presión de vapor de saturación y el calor latente de evaporación, la retención. Según estas, Masschelein-Kleiner clasifica los solventes en decapantes, medios, móviles y volátiles.

TIPOS DE UNIONES ENTRE LAS MOLECULAS

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 (enlaces covalentes, iónicos y metálicos). Por esto las fuerzas intermoleculares no se consideran enlaces sino que fuerzas de atracción.

Estas fuerzas de atracción son los puentes de hidrógeno, las fuerzas de dispersión o de London y las interacciones entre dipolos, llamadas también de dipolo-dipolo o fuerzas polares¹⁸. Las primeras son características de las moléculas compuestas por el hidrógeno, unido a átomos pequeños con alta electronegatividad como el nitrógeno, el oxígeno, el flúor y el cloro. Este tipo de atracciones mantienen unidas entre sí las moléculas del agua y los alcoholes.

Las fuerzas de dispersión o de London son el resultado de la formación de dipolos¹⁹ temporales, que se producen por el movimiento de nubes electrónicas. Son fuerzas débiles, que predominan en los hidrocarburos aromáticos como el tolueno y el xileno. Finalmente, las interacciones dipolo-dipolo o fuerzas polares, existen entre moléculas con dipolos permanentes (fuerzas de Keesom) o en moléculas en que un dipolo permanente induce dipolos en moléculas vecinas (fuerzas de Debye). La acetona tiene fuertes fuerzas polares. El tolueno, que es un solvente no polar, es muy proclive a tener dipolos inducidos, si interactúa con algún solvente polar, como la acetona, por ejemplo. A esta característica, se le denomina polarisibilidad.

La similitud química entre el solvente y el soluto (barniz) está principalmente determinada por la existencia de estas fuerzas de atracción. Si las moléculas del solvente se encuentran unidas entre sí de forma similar a las moléculas del barniz, se puede entonces esperar que se produzca disolución o, al menos, algún grado de dispersión para la remoción de este último. Dicho de otra forma, si el barniz está conformado por cierto tipo de uniones entre sus moléculas, estas moléculas estarán dispuestas a separarse o soltarse, si es que el solvente les ofrece la posibilidad de interactuar con ellas con el mismo tipo de fuerzas de atracción que las mantenía unidas.

Al establecer una relación entre los solventes y los solutos que éstos logran dispersar, se puede deducir el tipo de fuerzas de atracción intermoleculares que predominan en determinados solutos, ya que éstas serán similares a las del solvente que los disolvió. Es por esto que si los barnices se van haciendo cada vez más polares con el tiempo, para removerlos será necesario la utilización de solventes “cada vez más polares”, comúnmente alcoholes y cetonas.

La identificación y cuantificación de este tipo de fuerzas de atracción del solvente son posibles gracias a la determinación de sus parámetros de solubilidad.

18 Las denominaciones para las fuerzas de atracción cambian según la bibliografía (autor y/o año de publicación).

19 Cuando dos átomos con electronegatividades parecidas forman un enlace covalente en el cual cada uno aporta un electrón, el átomo más electronegativo ejercerá una mayor atracción sobre el par de electrones del enlace. Esto da origen a un desequilibrio electrostático que hace que uno de los átomos quede cargado positivamente y el otro negativamente. Este desequilibrio de cargas se llama **dipolo** y este tipo de enlace se llama **covalente polar**.

PARAMETROS DE SOLUBILIDAD EN EL TRIANGULO DE SOLUBILIDAD

La presencia de los tres tipos de fuerzas de atracción intermoleculares en diferentes solventes fue calculada inicialmente por Hildebrand, quien determinó la energía necesaria para romper la cohesión entre las moléculas de los solventes, en función de su calor latente de evaporación²⁰. El parámetro δ corresponde a un promedio de las fuerzas de interacción entre las moléculas del solvente. Posteriormente se introdujeron tres parámetros, correspondientes a cada tipo de atracciones intermoleculares δ_h , δ_d y δ_p ²¹ (parámetros de solubilidad de Hansen). Esto, con el fin de precisar mejor el comportamiento de ciertos solventes, que mostraban tener un parámetro único promedio δ muy similar, a pesar de comportarse de forma muy distinta sobre el mismo material a disolver. Finalmente los parámetros de Hansen fueron reemplazados por f_h , f_d y f_p , buscando mostrar en un gráfico triangular los tres tipos de fuerzas de atracción (Teas).

Cualquier solvente o grupos de éstos pueden ser ubicados en el triángulo de solubilidad, a partir de sus tres parámetros de solubilidad (ver figura n° 1). Lo mismo con mezclas de tres o más solventes, después de realizar un cálculo matemático, donde se relacionan los parámetros de cada solvente con el porcentaje de éstos en la mezcla. Con mezclas binarias, basta con trazar una línea recta entre las ubicaciones de cada solvente para ubicar su posición (ver figura n° 1).

Basándose en la ubicación que ocupan en el triángulo de solubilidad, el o grupos de solventes que han demostrado en la práctica, disolver o dispersar determinados materiales, se han establecido las áreas de solubilidad para las resinas, ceras y proteínas, entre otros²² (ver figura n° 1).

CLASIFICACION DE LOS SOLVENTES EN RAZON DE SU PODER DISOLVENTE

La clasificación de solventes “suaves” o “fuertes” para referirse a su poder disolvente sólo tiene sentido en función del material que se desea remover. Por ejemplo, la bencina blanca es un solvente fuerte para disolver ceras (ver figura n° 1), pero muy débil si se quiere disolver una resina natural. Esta clasificación se invertirá si el soluto a remover es una resina. La bencina blanca cumplirá el rol del solvente suave y la acetona, del fuerte. La bencina blanca se ubica en el extremo inferior derecho del triángulo. Es un solvente donde claramente predominan las atracciones moleculares llamadas de Dispersión o de London, con un F_d de 90, ubicándose fuera de la zona de disolución de resinas. La acetona, en cambio, presenta muchas más fuerzas polares (dipolo-dipolo) entre sus moléculas. Tiene un F_p de 32, en

20 Cantidad de calor necesario para que un líquido se convierta totalmente al estado de vapor, es decir, cantidad de calor necesaria para romper la cohesión que mantiene juntas a las moléculas en estado líquido.

21 Puentes de hidrógeno, fuerzas de dispersión y fuerzas polares, respectivamente.

22 Horie entrega información sobre las áreas de solubilidad de múltiples materiales (adhesivos y resinas sintéticas). Horie, V. *Materials for Conservation*. Butterworth-Heinemann, 1887.

Figura 1

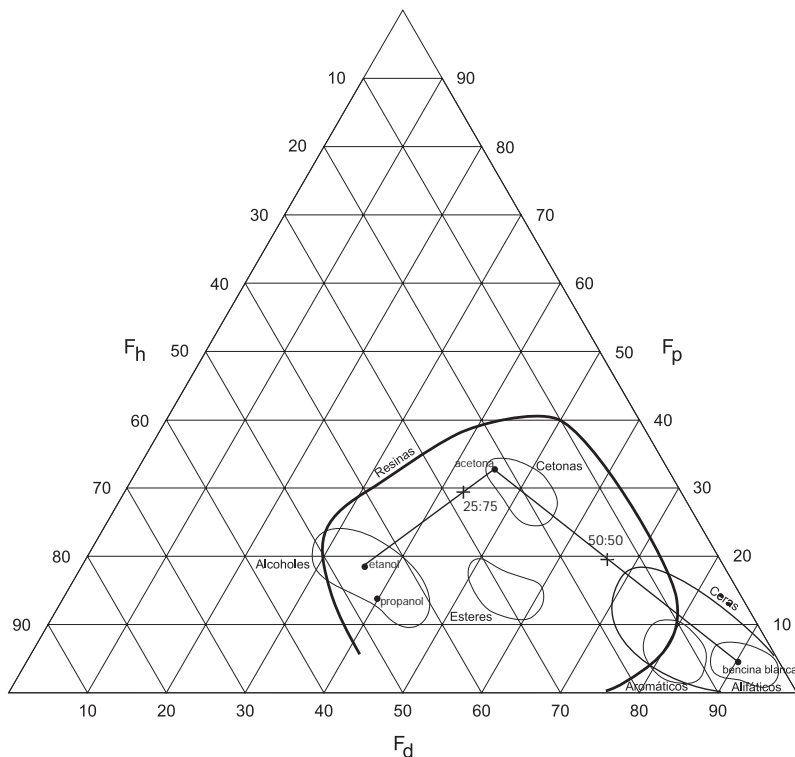


Figura 1. Triángulo con áreas de solubilidad para resinas y ceras. Se aprecian cuáles familias de solventes se ubican dentro del área de solubilidad de las resinas: alcoholes, cetonas, ésteres y, parcialmente, los hidrocarburos aromáticos.

Las mezclas binarias son fácilmente ubicables, trazando una línea entre los dos solventes que la conforman. En este caso una mezcla de etanol y acetona 25:75 y otra de acetona y bencina blanca 50:50.

comparación con el valor respectivo de 4, en el caso de la bencina blanca, y se ubica justo en la zona de disolución de resinas. Al realizar pruebas de disolución de un barniz e ir aumentando el porcentaje del solvente polar en la mezcla (el fuerte en este caso), esta se irá internando en la zona de disolución de las resina naturales (ver figura n° 1).

LA ACCION DE UN SOLVENTE SOBRE EL OLEO

Cuando el objetivo es remover un barniz de resina oxidado, es necesario determinar el o los solventes adecuados para este fin. Pero al estar el barniz sobre una capa pictórica y, por lo tanto, estar ésta expuesta a la acción de los solventes, es además imperativo realizar pruebas en distintas áreas (colores) para asegurar que la mezcla sólo remueva el barniz, sin alterar ni dañar, en teoría, la capa de pigmentos aglutinados al aceite. “En teoría”, porque aunque no sea visible a los ojos del conservador, que sólo puede constatar o no el eventual retiro de alguna partícula coloreada de pigmento al observar el hisopo, los solventes siempre alteran los estratos pictóricos y lo hacen cada vez que entran en contacto con ellos²³.

23 Cfr. Stolow, 1972: p. 153.

Stolow estableció que cuando un solvente entra en contacto con una película de aceite de linaza seca, éste se difunde causando un aumento del volumen del estrato, dilatándolo y ablandando la película a la vez que produciendo, casi en forma inmediata, la pérdida irreversible de ciertos componentes a través de un proceso llamado de lixiviación²⁴. Los componentes lixivados son los productos de la descomposición del material, descritos anteriormente como los que daban origen a un plastificante, presente en intersticios de la capa pictórica (ácido dicarboxílico, cetonas, aldehídos, alcoholes y agua, entre otros). Al final de este proceso, cuando ya se ha evaporado el solvente, se puede constatar que la película se ha tornado opaca, más quebradiza y reducido su volumen y peso, además de experimentar un aumento en su densidad.

Cuando se remueve un barniz, con la acción de dos o tres hisopos en la misma zona, cada hisopo irá aportando cada vez más solvente hasta lograr eventualmente una saturación del estrato oleoso, que corresponderá a una mayor dilatación de la película, reduciendo el poder de cohesión del aglutinante y haciendo a los pigmentos más vulnerables a la acción mecánica del hisopo.

Basado en los datos de Stolow, Hedley²⁵ delimitó una zona de máxima dilatación (hinchazón) para los estratos oleosos (ver figura nº 2). Recientemente Phenix²⁶ clasificó los distintos solventes según su capacidad de dilatar una película de aceite pigmentada y determinó que mientras más polar es el solvente, más capacidad de dilatación tendrá en películas oleosas antiguas (más de 300 años), mientras las películas más nuevas (que son las que más conciernen a la realidad nacional) no necesitan de mucha polaridad para experimentar el máximo grado de dilatación. Además, Phenix determinó que mezclas binarias de solventes aumentan su capacidad de dilatar en comparación a la que tiene cada uno de los componentes de la mezcla por separado (las pruebas realizadas siempre incluyeron etanol con otro solvente).

Observando el triángulo con el áreas de máxima dilatación, se puede constatar que en relación a la posibilidad de producir el mayor grado de dilatación y lixiviación del estrato de pintura subyacente, una mezcla de acetona y bencina blanca en una proporción de 75:25, donde en teoría el poder disolvente de la acetona (solvente fuerte) está disminuido por el 25% de bencina blanca (solvente suave), resultará más peligrosa que la acetona al 100%. Esto, porque dicha mezcla se ubica dentro de la zona de mayor hinchazón para el aceite (ver figura nº 2), implicando mayor posibilidad de dilatación del estrato pictórico y por lo tanto lixiviación de compuestos propios de la materialidad original, con las consecuencias descritas anteriormente. Lo mismo ocurrirá con una mezcla al 50% de ambos solventes. En este caso particular, al analizar el triángulo con los datos entregados, el conservador puede deducir, más allá de la constatación práctica de la remoción del barniz, que la acetona al 100% representará la posibilidad de menor riesgo para la capa de pintura.

24 Generalmente referido a la remoción de una sustancia desde un sólido, a través de la acción de un líquido que tiene la propiedad de difundir el soluto.

25 Hedley, 1980: p. 131.

26 Cfr. Phenix, 2002.

Figura 2

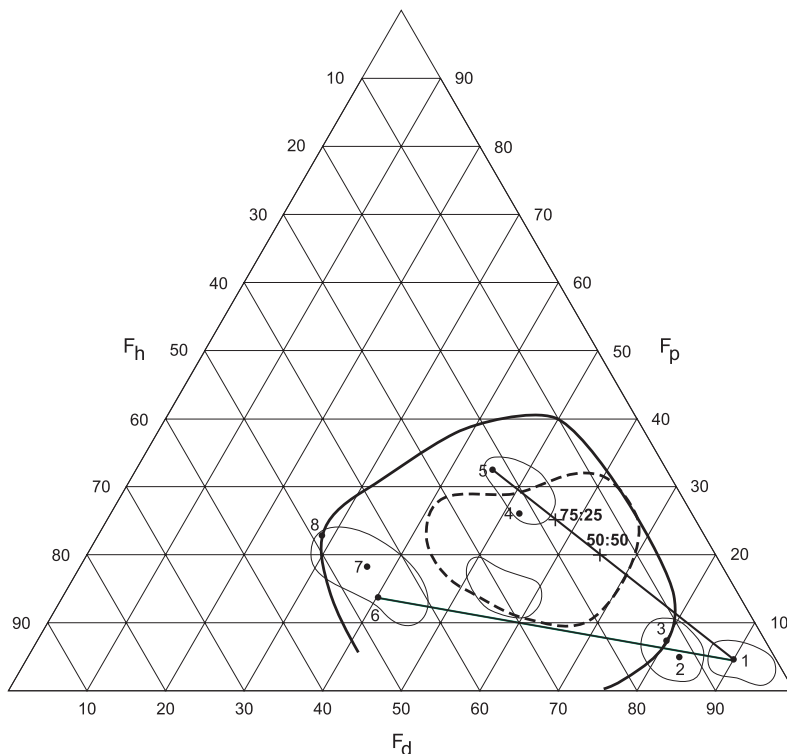


Figura 2. Triángulo de solubilidad con principales grupos de solventes y algunos especificados: 1. bencina blanca, 2. xileno, 3. tolueno, 4. metil etil cetona, 5. acetona, 6. propanol, 7. etanol, 8. metanol. La zona demarcada en línea discontinua (- - -) corresponde a la de máxima dilatación para los estratos oleosos. El punto central de la línea trazada entre la acetona (5) y la bencina blanca (1) corresponde a la mezcla de ambos solventes al 50%, que cae en la zona de peligro, al igual que una mezcla 75:25. Ambas mezclas, donde el poder del solvente más polar, la acetona, pareciera estar disminuido por un porcentaje de bencina blanca, resultan más peligrosas que la acetona al 100%, en relación a la capacidad máxima de dilatar (hinchar) los estratos oleosos, produciendo la pérdida irreversible de ciertos componentes.

Resulta interesante constatar en la figura n° 2 que el mayor rango de posibilidades de mezclas binarias seguras, dentro del área de solubilidad de las resinas, y sin adentrarse en el área de máxima dilatación (hinchazón) para los estratos oleosos, existe entre los hidrocarburos (alifáticos o aromáticos) y el propanol²⁷.

SOLVENTES USADOS POR CONSERVADORES – RESTAURADORES DE PINTURA

Con la intención de conocer los solventes que se están utilizando en nuestro país hoy en día para la remoción de barnices oxidados de pinturas, y así poder analizar esta información dentro del marco teórico descrito hasta ahora, es que se realizó una encuesta a los principales profesionales del área, en la ciudad de Santiago, Viña del Mar y Valparaíso (Chile).

²⁷ n-propanol, 1-propanol.

MUESTRA Y ENCUESTA

Los conservadores-restauradores de pintura encuestados fueron 18 y las encuestas fueron realizadas entre el mes de septiembre y octubre del año 2004.

Los profesionales encuestados tienen una experiencia que fluctúa entre los 5 y 30 y más años, trabajando en talleres privados (8), instituciones (4), museos (3) y empresas (3).

La encuesta se realizó por email y/o conversación telefónica así como, a modo de entrevista, directamente en los talleres. Esta constaba de tres preguntas, las cuales incluían a su vez otras subpreguntas, con la idea de orientar mejor al encuestado hacia el objetivo de esta investigación. Estas fueron:

1. Qué solventes usted utiliza habitualmente para remover barnices y repintes?

Por favor enumerarlos. Los solventes puros, los diluyentes industriales y/o sus mezclas recurrentes.

2. Si realiza mezclas, ¿hasta cuántos solventes mezcla en general?

3. ¿En qué orden usted va probando los solventes señalados o mezcla de estos? De acuerdo a que criterio, ¿con qué solvente o mezcla inicia el testeo?

RESULTADOS

Los solventes utilizados suman en total 22, enumerados a continuación y detallados en la figura n° 3:

Acetona, nitro, etanol, bencina blanca, tolueno, propanol, isopropanol, amoníaco, agua, trementina, dimetil formamida (DMF), tetracloruro de carbono, metil etil cetona (MEK), xileno, alcohol benzílico, ácido acético, n-butilamina, éter (sin especificar), piridina, isooctano, metanol y cloroformo.

Estos solventes son utilizados en un rango de 4 a 13 por conservador-restaurador.

En cuanto al orden en que éstos son aplicados o las progresiones de mezclas realizadas, un tercio de los profesionales encuestados no fue específico en el orden utilizado ni en el primer solvente o mezcla con la cual suelen iniciar el testeo con cada obra. Los otros dos tercios (12 profesionales) entregaron información sobre las progresiones que suelen realizar. En dichas progresiones, 10 profesionales

Figura 3

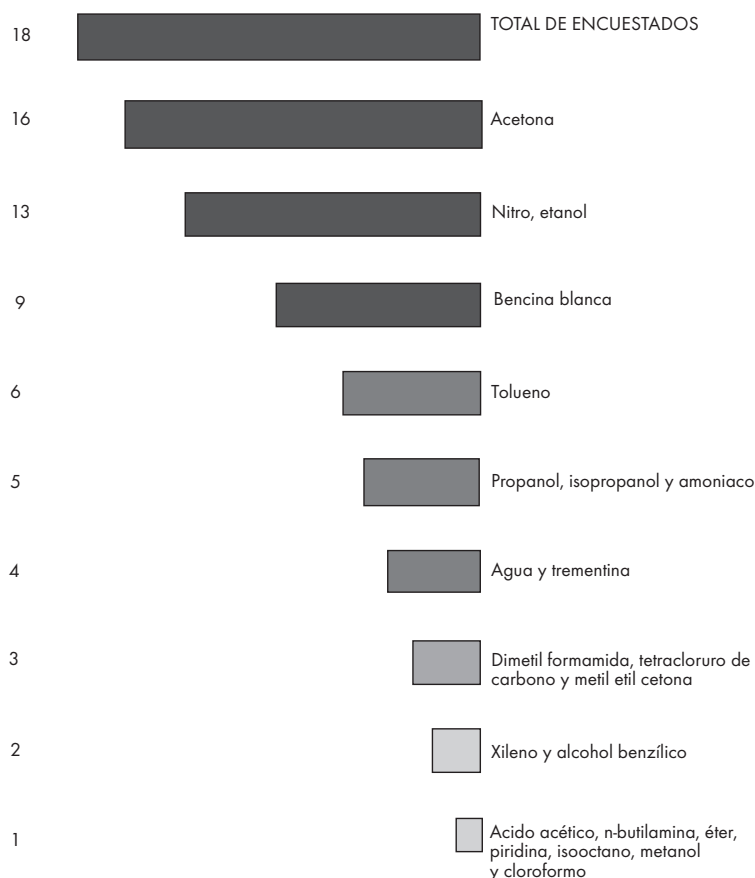


Figura 3. Se aprecian los solventes citados por los encuestados. Los cuatro principales son la acetona, el nitro, el etano y la bencina blanca. A la izquierda, cada número detalla la cantidad de profesionales que nombraron a los respectivos solventes.

informaron no mezclar más de dos solventes, mientras los ocho restantes pueden llegar a utilizar hasta cuatro solventes en una mezcla. Los criterios que prevalecen a la hora de realizar estas mezclas y progresiones son en orden de importancia: la toxicidad, el orden creciente de polaridad, la “fuerza” del solvente y la penetración de éste en los estratos pictóricos.

En la figura nº 4 se entrega un cuadro de las mezclas y progresiones utilizadas.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En la figura nº 5 se aprecia claramente cómo los 22 solventes citados abarcan ampliamente toda el área de disolución de resinas comprendiendo la de máxima hinchazón para los estratos oleosos (el caso del nitro es profundizado más adelante). En la figura nº 3 se pueden reconocer cuatro solventes principales, cuyo uso es el

Figura 4

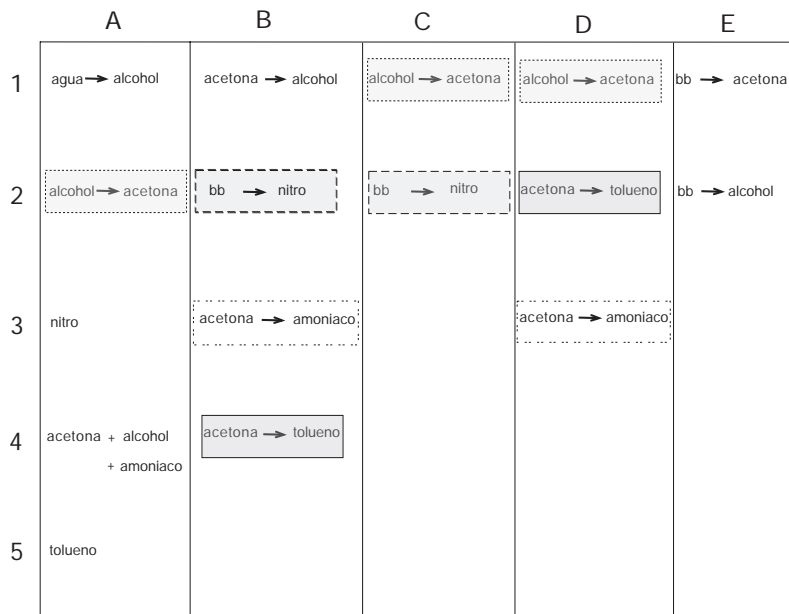


Figura 4. Lista de solventes y sus progresiones, citados por los encuestados. La progresión A es la que más etapas incluye (5). Mientras la C y la E sólo contemplan dos etapas. La flecha indica el sentido en que se van aumentando las concentraciones y los encuadrados distintivos ayudan a visualizar cómo ciertas mezclas se usan en forma paralela o no, al comparar las progresiones.

más compartido entre los profesionales. Estos son la acetona, el nitro, el etanol y la bencina blanca, los cuales están destacados en color más oscuro y fueron nombrados por más de la mitad de los encuestados. La acetona y el nitro son utilizados entre 13 y 16 colegas, lo que corresponde entre un 72 y 89% respectivamente.

Posteriormente hay un grupo intermedio, conformado por el tolueno, los alcoholes, propanol e isopropanol (también llamados n-propanol, 1-propanol y 2-propanol respectivamente) y el amoniaco, seguidos por el agua y la trementina. El propanol e isopropanol corresponden a alternativas menos usadas del etanol y en la minoría de los casos (2 a 3 encuestados) forma parte de un set de alcoholes, que utilizan “según el caso”. Hay un grupo que corresponde a solventes decapantes (de alta penetración y retención en los estratos pictóricos), los cuales son utilizados en casos muy particulares o para remoción de repintes. Estos son n-butilamina, piridina y DMF (dimetil formamida). A este grupo de solventes y en relación a la capacidad extrema y peligrosa de penetración y retención en los estratos pictóricos que estos presentan, se suman el amoniaco, la trementina y el ácido acético. Otro grupo correspondería a alternativas a solventes utilizados en forma mayoritaria, como son el isoocetano y el tetracloruro de carbono, en vez de la bencina blanca, y el xileno en vez de tolueno, así como el metanol como otro alcohol y nombrado por un solo colega. En lo concerniente a la metil etil cetona (MEK), corresponde a una alternativa a la acetona, con una capacidad de retención mayor en los estratos. Algún éter (etil éter o metil éter) así como el cloroformo (triclorometano) se sitúan, en el triángulo de

Figura 5

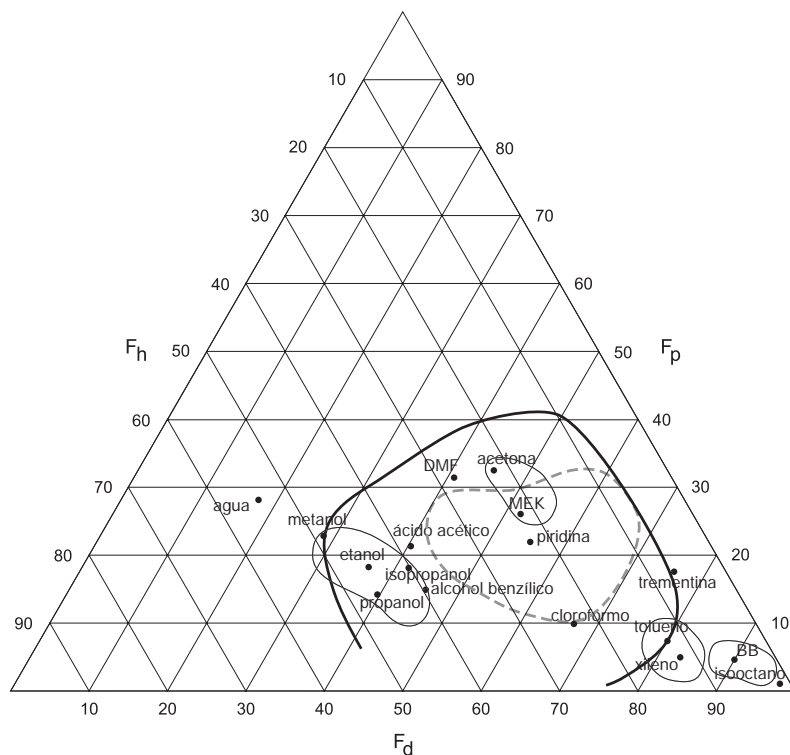


Figura 5. Se aprecian la gran mayoría de los solventes citados por los encuestados y su posición en el triángulo, de acuerdo al área de disolución de resinas y la de máxima dilatación (hinchazón) de los estratos pictóricos. La no inclusión de ciertos solventes obedece a la carencia de información exacta sobre sus parámetros de solubilidad, aunque por los grupos a los que pertenecen, se puede deducir cierta cercanía con solventes de su misma familia. Este es el caso de la n - butilamina que es una amina, pudiendo ubicarse cerca de la piridina.

solubilidad, en una zona intermedia entre los hidrocarburos saturados y los alcoholes, ubicándose en la zona límite de máxima hinchazón de estratos oleosos.

El agua, a pesar de ser el más polar de todos los solventes citados, se encuentra claramente fuera del área de disolución de resinas, aunque si se le mezcla con otros solventes, también polares, como las cetonas y alcoholes, las mezclas permiten adentrarse en dicha área, y sin tocar la zona más peligrosa para el óleo. Finalmente, la trementina, que fue nombrada por cuatro colegas, no es utilizada en la práctica para remover estratos, sino que para cumplir una función “neutralizadora” después de aplicar cualquiera de los otros solventes nombrados. En sentido general, se entiende por “neutralizar” como una acción tendiente a contrarrestar el efecto de algo. El sentido neutralizador de la trementina, tendría entonces como función el contrarrestar la acción de los solventes aplicados (cualesquiera sean éstos). Esta práctica sistemática podría tener su origen en el hecho de que los estratos pictóricos, después de la acción de los solventes, tienden a quedar opacados y blanquecinos. Apariencia que hoy en día se relaciona al fenómeno descrito de pérdida de compuestos del aglutinante por la dilatación y lixiviación de los estratos pictóricos, y que buscaría ser contrarrestada (neutralizada) con la aplicación de la trementina, que es el solvente que ofrece visualmente la posibilidad de saturación de la materia pictórica. Sobre este particular, es importante establecer que en la práctica la trementina no cumple

con esta función. Es más, este solvente, como ya se hizo mención anteriormente, también forma parte de los decapantes, que son los que penetran más profundamente los estratos pictóricos y son retenidos en ellos largo tiempo –“varios meses”²⁸–, reblandeciéndolos y ocasionando daños irreversibles. Este fenómeno se hace más agudo y peligroso si los estratos pictóricos son sellados con el nuevo barniz, dificultando la extremadamente lenta evaporación de la trementina. Basándose en el hecho de que los solventes decapantes, como son la DMF (amida carboxílica), la n-butilamina y la piridina (aminas) y el amoniaco, son utilizados en casos muy particulares (principalmente para la remoción de repintes oleosos), es importante conocer y recalcar las consecuencias de su acción para los estratos pictóricos. En el caso de estos solventes, que son bases, su ubicación en el triángulo de solubilidad de Teas no evalúa sus características alcalinas ni la acción que desde este punto de vista tienen sobre los estratos pictóricos, aspecto que sin duda aporta desinformación y falta de control a la hora de su utilización. La n-butilamina y la piridina son, además de “tóxicas, muy penetrantes, corrosivas e higroscópicas”²⁹.

Con respecto al solvente nitro, que es utilizado por más del 70% de los encuestados, este corresponde a una denominación general de alguno de los siguientes diluyentes³⁰ citados a continuación: Diluyente extralento, lento, extrarrápido y piroxilina, siendo los más usados el extralento y extrarrápido, cuyo nombre se refiere a su mayor o menor capacidad de evaporación, según lo cual son producidos en temporadas de verano o invierno respectivamente.

Estos diluyentes han demostrado en la práctica poder remover barnices de resina natural así como también, en algunos casos, repintes. Por esta razón es fácil suponer que su ubicación en el triángulo de solubilidad corresponde a la zona demarcada para las resinas naturales y probablemente abarcando la zona de dilatación y reblandecimiento del aceite.

La composición de este producto fue determinada hace varios años y más recientemente, y dentro del contexto de esta investigación, se analizaron tres muestras más. Los resultados de los análisis, realizados con cromatografía de gases – espectrometría de masas³¹, se detallan en la tabla 1.

Con respecto a los resultados, es importante hacer notar que en dos de las muestras no fue posible determinar el 100% de la mezcla. La primera muestra (1987) tuvo un 27,4% de los compuestos sin identificar. En el caso de la muestra 2001 extralento, un compuesto no pudo ser identificado, sin conocer a qué porcentaje del total de la mezcla pudiera corresponder ya que este análisis fue cualitativo. En el caso de las dos muestras siguientes, sí fue posible reconocer todos sus componentes. Aunque estos análisis no sean cuantitativos y, por lo tanto, no se puedan calcular los parámetros de la mezcla en relación a su porcentaje, con el fin de ubicar su exacta posición en el triángulo, sí es posible ubicar cada uno de los solventes identificados

28 Cfr. Masschelein-Kleiner, 2004: p. 64.

29 Cfr. Masschelein-Kleiner, 2004: p. 103.

30 Todos comprados en distribuidores de The Sherwin Williams Company.

31 CEPEDQ - Centro de Estudios Para el Desarrollo de la Química de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile.

Tabla 1

Fecha	Muestra	Tipo de análisis	Compuestos
1987	Diluyente extra	No especificado	1. Acetona 1,1 %
		Cualitativo y Cuantitativo	2. Metiletilcetona 17,7 %
			3. Metilisobutilcetona 8%
			4. Tolueno 43,7%
			5. Xileno 2,1 %
			6. Otro(s) sin definir 27,4%
Abril 2001	Diluyente Extralento ²	Cromat. de gases	1. Metanol
		Espect. de masas Cualitativo	2. Metiletilcetona
			3. Metilisobutilcetona
			4. Tolueno
			5. Diacetona alcohol
			6. Otro sin definir
Julio 2004	Diluyente Extra lento ³ R10726 D 000 - 35	Cromat. de gases	1. Metietilcetona
		Espect. de masas Cualitativo	2. Acetato de metilo
			3. Heptano
			4. Tolueno
			5. Acetato de isobutilo
			6. Xileno
Julio 2004	Diluyente Extrarrápido R09 325 D 05000 - 40	Cromat. de gases	1. Metanol
		Espect. de masas Cualitativo	2. Metiletilcetona
			3. Metilciclohexano
			4. Heptano
			5. Tolueno
			6. Octano

por separado y así determinar un área en que debiera ubicarse su mezcla (ver figura n° 6). Al observar el triángulo, es claro que ambas mezclas abarcan, como la práctica lo ha demostrado, el área de solubilidad de las resinas y una zona de ésta muy similar a la demarcada por mezclas entre alcoholes, cetonas e hidrocarburos saturados, que son los solventes más usados (ver figura n° 7). Así también, es evidente que el diluyente extralento (2004 – L) no ofrece posibilidad de remover resinas sin estar en la zona de máxima hinchazón de los estratos oleosos. En el caso de la mezcla extrarrápida (2004 – R), esta ofrecería mayor rango de acción sin caer en la zona de peligro. Independiente de dicha posibilidad, es importante observar que las dos muestras de diluyente extra lento (2001 y 2004) presentan diferencias en su formulación, lo que lleva a desestimar la posibilidad de conocer la naturaleza del

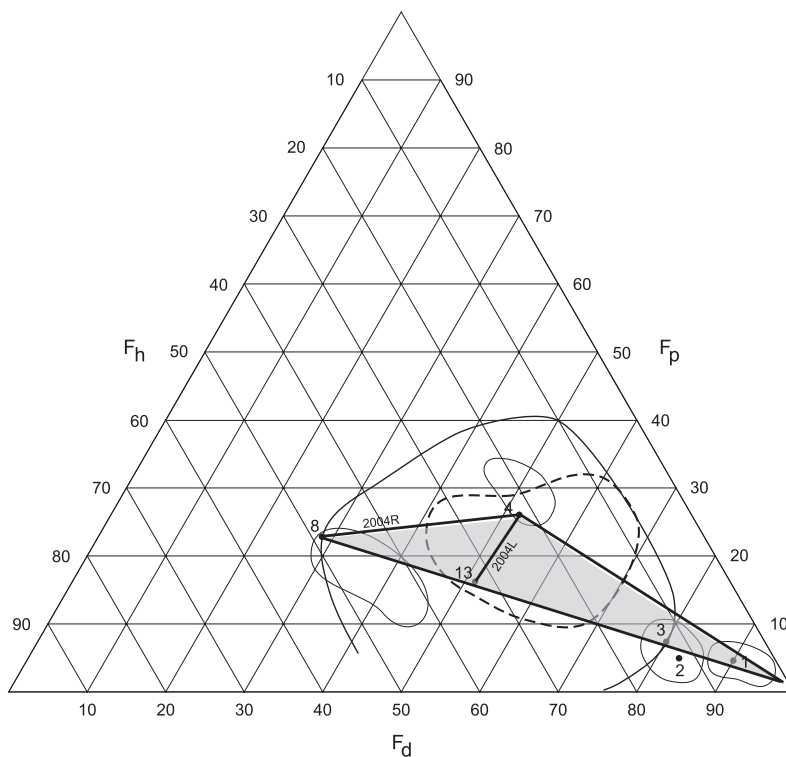
Figura 6

Figura 6. Solventes que componen los diluyentes extrarrápido (2004 – R) y extralento (2004 – L), en el triángulo de solubilidad con delimitación de las áreas donde se ubica la mezcla, contrarrestándolas con el área de solubilidad de resinas y el área de máxima dilatación para los estratos oleosos.

Los solventes identificados que delimitan el área son:

1. zona de hidrocarburos alifáticos: metil ciclo hexano, octano y heptano (se toma como referencia el centro del área), 2- xileno, 3. tolueno, 4. metil etil cetona, 8. metanol y 13. acetato de isobutilo.

El cuadrante comprendido entre los solventes 1, 8 y 4 define el área donde estaría la mezcla 2004R. El cuadrante 1, 13 y 4 corresponde al área donde estaría la mezcla 2004L.



producto utilizado (a menos que cada partida fuera analizada). En lo que respecta a la capacidad de penetración y retención de estos diluyentes, resulta absolutamente imposible conocerlas, ya que el comportamiento de una mezcla de más de dos solventes no es previsible³².

Tomando en cuenta el marco teórico existente y atendiendo a las numerosas investigaciones científicas que se realizan para contribuir a mejorar la metodología de selección de los solventes, buscando mejorar la precisión con la cual los conservadores ejecutamos estos tratamientos, la utilización de los diluyentes industriales aparece como innecesaria. La imposibilidad de saber qué son y cómo actúan estos productos sólo aporta desinformación a la hora de entender y carencia de fundamentación para poder explicar el porqué de nuestras acciones y elecciones.

Otro aspecto particularmente delicado son los altos niveles de toxicidad de los componentes de estos diluyentes. Sobre todo si hay evidencia de que sus compuestos no son siempre los mismos y en otros casos, son desconocidos. El tolueno y xileno tienen un ppm³³ de 100, el metanol y la metil etil cetona uno de 200, la metil iso butil cetona de 100 y la diacetona alcohol de 50 (2001 – L). Sin duda alguna, estos compuestos son mucho más tóxicos si se comparan con los valores de 1.000 ppm del etanol y la acetona, que en combinación con algún éter de petróleo como la bencina

32 Cfr. Masschelein-Kleiner, 2004: p. 126.

33 Concentraciones máximas permitidas, expresadas en partes por millón (ppm). Se refiere a la concentración posible de determinado solvente, durante la jornada laboral y sin producir un efecto nocivo en el operador.

Figura 7

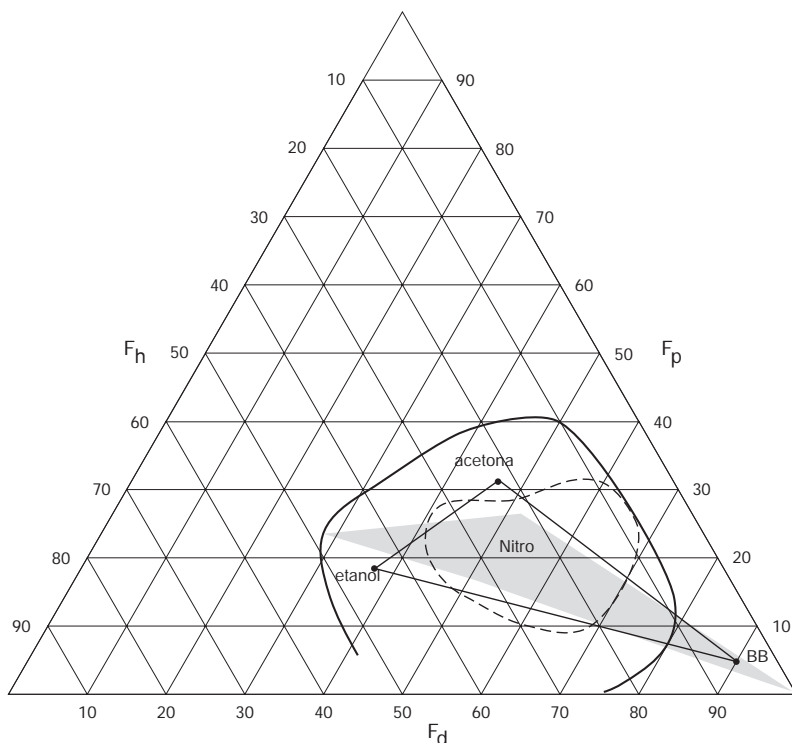


Figura 7. Se aprecia cómo la zona delimitada para el diluyente nitro (señalada en color gris) coincide en gran parte con un área determinada por tres solventes: la bencina blanca, la acetona y el etanol, que son los tres solventes más utilizados, aparte del nitro.

blanca (ppm de 500) o el isooctano, han demostrado ser muy efectivos para remover estratos resinosos oxidados, controlando lo más posible las consecuencias de estas intervenciones en el estrato pictórico. En última instancia, la capacidad disolvente del nitro puede ser homologada con una mezcla de tres grupos de solventes como son alcoholes, cetonas y aromáticos o alifáticos, conociendo su composición, su toxicidad y su posición en el triángulo en relación a la zona de máxima dilatación (hinchazón) para los estratos oleosos.

Con respecto al orden de aplicación y progresiones de las mezclas es posible señalar que, sobre la base del marco teórico que define la acción de los solventes, el cual ha sido revisado en el presente artículo, dando la posibilidad de deducir el poder disolvente de determinados solventes y mezclas, además de su capacidad de penetración y retención en los estratos pictóricos así como el hecho de que un índice creciente de polaridad en una mezcla aumentará su poder disolvente en relación a barnices y repintes, los cuales también se van tornando más polares con el tiempo y tomando en cuenta la ubicación del solvente o mezcla con respecto a la zona de mayor peligro para los estratos oleosos, es posible afirmar que una metodología utilizada para realizar las pruebas preliminares de disolución tiene la posibilidad de estar guiada por una lógica que puede ser relativamente común a todos los profesionales, independientemente de las prácticas y técnicas personales.

Desde este punto de vista y revisando la información entregada por cada profesional (ver figura n° 4), es posible constatar que las primeras pruebas se hacen partiendo desde los cuatro vértices del triángulo formado por los solventes más utilizados (bencina blanca, alcoholes y acetona), que abarca la zona de disolución de resinas, además del agua que está fuera de ésta, en progresiones con alcoholes. Indistintamente, se parte desde solventes apolares o poco polares como son la bencina blanca (no olvidar su porcentaje de solventes aromáticos que son polarizables), así como solventes intermedios tales como los alcoholes o el más polar del grupo que es la acetona. Además se puede observar que la mayoría de las progresiones obvian uno de los ejes de mezclas posibles. Como ejemplo, las progresiones A, B y C no contemplan mezclas entre alcoholes ni cetonas con la bencina blanca. La E no lo hace con mezclas entre alcoholes y cetonas. El tolueno, seguramente por su nivel de toxicidad, es usado al final o terminando con una progresión de mezclas (como con la acetona en la progresión B), cuando en la práctica esto resulta contradictorio ya que el tolueno al 100% cae fuera del área de disolución de resinas. Sin dejar de considerar su toxicidad pero en virtud de lo que se pretende disolver, este solvente corresponde más al comienzo de una progresión de mezclas, ya sea con alcoholes o cetonas. Finalmente, con respecto al amoniaco, éste debiera ser descartado, como ya se señaló anteriormente, por sus características alcalinas.

NOCIONES PARA LA REALIZACION DE PRUEBAS Y PROGRESIONES DE MEZCLAS

Además de poder elegir los solventes y las progresiones de acuerdo a los criterios de nivel de penetración y retención, nivel creciente de polaridad de la mezcla y la posición de la mezcla en el triángulo con respecto a las diferentes áreas de solubilidad, está la posibilidad de obviar o dejar para una segunda instancia de pruebas las mezclas que caen dentro del área más peligrosa para los estratos oleosos (ver figura n° 8).

De esta forma, y a modo de ejemplo, es que pueden realizarse mezclas que partan por la combinación de solventes apolares y de penetración y retención baja (bencina blanca, isooctano,), a la vez que alejados del área de máxima hinchazón de estratos oleosos. Estos hidrocarburos alifáticos, combinados con propanol, permiten todas sus combinaciones fuera del área peligrosa, además de ir incrementando la polaridad de la mezcla. A su vez, la bencina blanca y el isooctano son solventes volátiles (poco penetrantes y de retención débil y corta), los que al combinarse con el propanol (solvente medio) aumentarán el nivel de penetración y retención de la mezcla.

En otra instancia es posible reemplazar el isooctano o la bencina blanca por el tolueno (móvil y muy polarizable), en progresiones con alcohol o cetonas (medios

Figura 8

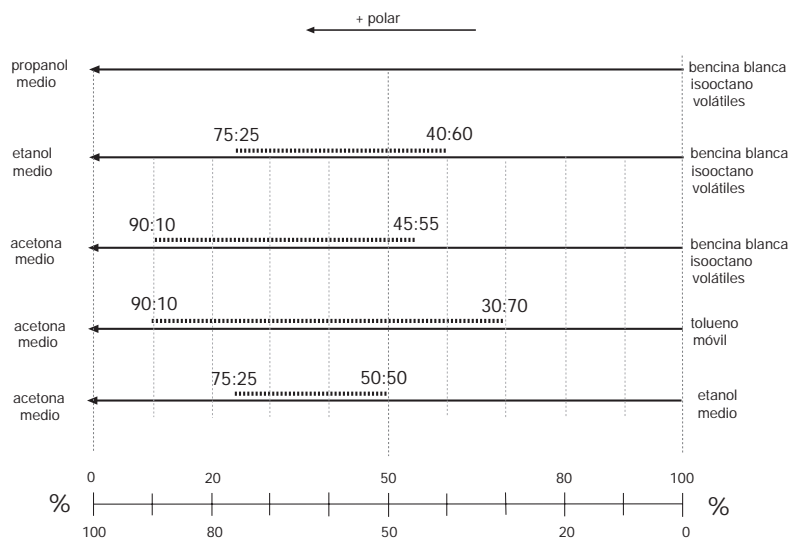


Figura 8. Progresiones de mezclas de solventes, aplicando el criterio de orden creciente de polaridad y comenzando por las combinaciones que ofrezcan menores índices de penetración y retención en los estratos oleosos. Quedan establecidos en cada mezcla, los tramos peligrosos por estar en la zona de mayor dilatación (hinchazón) para los estratos oleosos (señalada con una línea punteada). Las concentraciones comprendidas en dichos tramos pueden tratar de ser evitadas al menos en una primera instancia de pruebas.

y polares). La acetona en mezcla con el etanol (dos solventes medios) potencia la polaridad de la mezcla. Con respecto a las mezclas, es importante recalcar que las de dos solventes resultan las que ofrecen mayor posibilidad de ser predecibles en relación a sus características individuales y dentro de la mezcla.

CONCLUSIONES

El triángulo de solubilidad se constituye para los conservadores como una herramienta extremadamente útil a la hora de remover barnices de resina natural y otros materiales. Ofrece la posibilidad de predecir el poder de disolución de un solvente o mezcla, basándose en la ubicación de éstos en determinadas áreas de solubilidad del triángulo, así como poder conocer las de mayor peligro para los estratos pictóricos.

Los solventes utilizados por conservadores-restauradores de pintura de caballete reflejan un vasto y completo espectro que abarca toda el área de disolución de resinas, aunque también abarca la zona de mayor peligro para los estratos pictóricos.

Resulta importante que como profesionales de la restauración apliquemos un sentido de observación agudo por sobre la aplicación sistemática de determinadas mezclas para así estar conscientes, controlar y buscar nuevas posibilidades que colaboren a disminuir y ojalá descartar el uso de solventes nocivos para las obras (aminas, amidas y amoniaco).

Con respecto al uso de diluyentes industriales (nitro), y citando nuevamente a Alan Phenix, el uso de este tipo de productos no aporta conocimiento ni selectividad a nuestro trabajo y menos colabora a lograr “un alto nivel de refinamiento”, correspondiente a nuestra profesión, en la utilización de los solventes para la remoción de barnices oxidados.

Con respecto al orden en que los solventes y sus mezclas son actualmente aplicados, es posible unir a la experiencia personal acumulada de cada profesional los conocimientos objetivos que las diversas investigaciones científicas entregan, para que la remoción de barnices sea selectiva.

Porque la información existente sobre cómo actúan los solventes en la materia pictórica, su nivel de polaridad, sus interacciones intermoleculares y su posición en el triángulo de solubilidad, permiten establecer una metodología estructurada y compartida, la cual no se ve del todo reflejada en los resultados de la encuesta y principalmente en el orden y progresiones de los solventes utilizados.

Porque dicho conocimiento permite, más allá de la constatación empírica de una efectiva remoción y de una aplicación sistemática, comprender y visualizar las condiciones y efectos de la remoción de barnices así como relacionar fenómenos conocidos a través de la experiencia, dentro de un marco teórico y una base científica, la cual colabora a desarrollar un lenguaje común y estandarizar nuestras prácticas.

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos a Fundación Andes y al Getty Grant Program por su apoyo y financiamiento para la realización de una pasantía en el Victoria & Albert Museum en Londres (octubre de 1999 a septiembre del 2000).

A Magdalena Krebs, por su apoyo para realizar la pasantía y poder analizar una muestra del diluyente extralento, en el 2001.

A Alejandro Bustillo, ex director de Fundación Tarea, por haberme mostrado el libro de Lilianne Masschelein-Kleiner.

A Nicola Costaras, mi supervisora en el V & A, por haber hecho las preguntas y comentarios precisos, que me llevaron a indagar y tratar de entender.

A Alan Phenix, por su gentileza y disposición para hacerme llegar sus últimos artículos.

A Jaime Valle, Jefe de Laboratorios del Centro de Estudios para el Desarrollo de la Química -CEPEDEQ- de la Universidad de Chile.

A René Castillo, por sus triángulos y clases de free-hand.

BIBLIOGRAFIA

- MONCRIEFT, A. ET AL. *Sciences for Conservators, volume 2: Cleaning*. The London, England: Routledge, 1992. 136 p. (Conservation Sciences Teaching series).
- BROWN, W. *Introduction to Organic Chemistry*. York, England: Saunders College Publishing, 2000. 991 p.
- BROWN, W. et. al., *Química, la ciencia central*. Naucalpan de Juárez, México: Prentice may Hispanoamericana, S.A., 1997. 991 p.
- DIETEMANN, P. *Towards more stable natural resin varnishes for paintings: the ageing of triterpenoid resins and varnishes*, Dissertation submitted to the Swiss Federal Institute of Technology (EDH) Zurich for the degree of Doctor of Natural Sciences (Abstract), 2003.
- FAMET, W. comp. *Painting Conservation Catalogue. Volume I: Varnish and surface coatings*. Washington D.C., United States: The painting specialty group of the AIC., 1998.
- FELLER, R, ET AL. *On picture varnishes and their solvents*. Washington, United States: National Gallery of Washington, 1985. 260 p.
- FELLER, R. The relative solvent power hended to remove various aged solvent – type coatings. En: *Conservation of paintings and the graphic arts: preprints of contributions to the Lisbon Congress, 9-14 October 1972*. London, England: International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 1972.
- GODMAN, A. *Diccionario Ilustrado de la Química*. Madrid, España: Editorial Everest S.A., 1982.
- HEDLEY, G. Solubility parameters and varnish removal: a survey. *The conservator*, no. 4 (1980), pp. 12-18.
- HORIE, V. *Materials for conservation*. London, England: Butterworth-Heinemann, 1987.
- Indice de materiales y productos utilizados en Conservación y Restauración de Bienes Culturales en Chile*. Santiago, Chile: Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos, Centro Nacional de Conservación y Restauración, en colaboración con la Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Arte. 1989.
- MASSCHELEIN-KLEINER, L. Los Solventes. Santiago, Chile: Centro Nacional de Conservación y Restauración. 2004. 142 p.
- PHENIX, A. Solubility parameters and the cleaning of paintings: an update and review. *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*, v.12, no. 2 (1998), pp. 387-408.
- _____. The swelling of artists' paints in organic solvents. Part 1, A simple method for measuring the in-plane swelling of unsupported paint films. *Journal of the American Institute for Conservation*, v. 41, n. 1, 2002. pp. 43-60.
- _____. The swelling of artists' paints in organic solvents. Part 2, Comparative swelling powers of selected organic solvents and solvent mixtures. *Journal of the American Institute for Conservation*, v. 41, n. 1, 2002. pp. 61-90.

Castro: Solventes y diluyentes para la remoción de barnices

Stolow, N. Solvent action. En: Conservation of paintings and the graphic arts: preprints of contributions to the Lisbon Congress, 9-14 October 1972. London, England: International Institute for conservation of Historic and Artistic Works. 1972.

TORRACA, G. *Solubility and solvents for conservation problems*. Rome, Italy: ICCROM. 1978.

Fotógrafa: Alejandra Castro, 2000.