

00261

11



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

México 2001

ESCUELA NACIONAL DE ARTES PLÁSTICAS
División de Estudios de Posgrado

**MANUAL DE PRINCIPIOS FÍSICO-QUÍMICOS
EN LA
PRÁCTICA PICTÓRICA**

Tesis que presenta
Alfonso  Rentería Loza

Para obtener el grado de Maestría en Artes Visuales
(Orientación Pintura)

Director de Tesis:
Mtro. Arturo De la Serna Estrada

2001

299216



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



299216

**MANUAL DE PRINCIPIOS FÍSICO-QUÍMICOS
EN LA
PRÁCTICA PICTÓRICA**

ÍNDICE

I. PROCESOS QUÍMICOS EN LA PINTURA	15
II. PROCESOS FÍSICOS EN LA PINTURA	46
III. APLICACIONES EN LAS DIFERENTES TÉCNICAS PICTÓRICAS	58
IV. ANEXOS	69
V. Conclusiones	75
VI. BIBLIOGRAFÍA	78

INTRODUCCIÓN

"Pintar es una ciencia, y debería ejercerse como una investigación de las leyes naturales".

John Constable (1776-1837)

Esta tesis presenta una orientación técnica, porque tiene el propósito de constituir un apoyo al pintor. Para lograrlo se desarrollan algunos conceptos científicos provenientes de la física y de la química; luego se les vincula con algún aspecto de la práctica pictórica, estableciendo así una relación *ciencia-arte* que, con frecuencia, se piensan desligadas; sin embargo, forman una estructura coherente y lógica. Su conocimiento nos permite entender la relación fenomenológica dada en la utilización de algunos materiales artísticos en la pintura.

Este trabajo se plantea debido a la interacción que tuve con diferentes compañeros y maestros en Artes Visuales, tanto de la Escuela Nacional de Artes Plásticas como de la Academia de San Carlos. Muchos de ellos me manifestaron, en varias ocasiones, desconocer o tener dificultades en la comprensión de algunos fenómenos y relaciones fisicoquímicas que se dan en la utilización de los diversos materiales

artísticos; por ello, decidí escribir este manual, en el que considero se aclaran muchas dudas planteadas.

Actualmente, el profesional del arte no debe circunscribirse sólo a su especialidad; debe abrir su pensamiento hacia otros campos del conocimiento. Pueden citarse varios ejemplos de la estrecha vinculación entre la pintura y otras disciplinas, como sucede en otros casos. Por ejemplo, la comprensión de la anatomía resulta indispensable para la construcción de la figura humana; la psicología, para la comprensión de la forma y la percepción del campo visual; las matemáticas quedan incluidas en el establecimiento de la geometría euclidiana y no euclidiana utilizadas en los sistemas de composición; la historia es necesaria para comprender la evolución de los diferentes estilos y tendencias artísticas en el transcurso del tiempo; la sociología para estudiar los problemas de producción, distribución y consumo artístico; la física y la química en la comprensión de los fundamentos técnicos que rigen el comportamiento de los materiales artísticos. Por todo esto pienso que el profesional del arte debe contar con un conocimiento sólido, con un mínimo de conceptos científicos básicos que le permitan realizar en forma eficiente su labor.

Este trabajo pretende tender un puente entre la pintura y la ciencia, pues a menudo se piensa como si ambas estuvieran completamente separadas; sin embargo, se ve que son dos aspectos complementarios. No obstante, el mero conocimiento

de estos conceptos no necesariamente produce buenos pintores, ya que se requieren de otras cualidades, como la intuición, la capacidad de percepción, la sensibilidad expresiva y el buen conocimiento de la técnica.

Tanto el arte como la ciencia promueven valores culturales. El arte expresa valores estéticos, la ciencia, verdades científicas, por medio de leyes y teorías que explican la realidad y el comportamiento de los materiales. Como productos culturales dependen de la tecnología desarrollada en ese momento. Así, por ejemplo, los nuevos materiales artísticos son consecuencia del desarrollo de la química orgánica. La correcta utilización de los materiales artísticos obedece a la observación rigurosa de las leyes físicas y químicas que determinan su comportamiento.

La durabilidad de la obra pictórica depende de una adecuada aplicación de la técnica, la cual ha sido formulada y establecida por medio de la experiencia adquirida durante años o siglos en la utilización de los materiales artísticos.

También es necesario reconocer que existen técnicas más complejas, como el óleo, el acrílico y el temple, en los cuales participa un gran número de cambios físicos y químicos; en tanto que en técnicas como el pastel, la encáustica o la acuarela son más simples, pues no se llevan a cabo tantos cambios como en los anteriores.

Deseo que esta tesis sirva de apoyo en algunas de las materias que se imparten, tanto en la Escuela Nacional de Artes Plásticas como en la Academia de San Carlos, relacionadas con técnicas de materiales, y sirva también de complemento para la comprensión de textos de carácter técnico.

Con este trabajo deseo que la memoria del artista se reactive en todo lo relacionado con algunos conceptos científicos, pues es cierto que debido a la especialización muchos de ellos van quedando relegados en la memoria y no se les vuelve a dar ninguna utilidad.

Como se puede apreciar, esta tesis sólo se refiere a las relaciones de la pintura con la física y la química, no se abordan otras técnicas como el grabado, en sus diversas variantes, y la serigrafía; debido a ello su alcance es más limitado.

El orden lógico que guió la estructura de este trabajo fue pasar de los conceptos más simples a los complejos, facilitando de esta manera su lectura, comprensión y asimilación.

La parte correspondiente a las técnicas de materiales sólo se tocó brevemente, pues existe, en la actualidad, una abundante bibliografía a la que puede acudir el artista.

Las diferentes partes que conforman este trabajo son:

I. Procesos químicos en la pintura.

Se desarrollan conceptos y nociones de química

necesarios para la comprensión de la interacción y propiedades de los materiales.

II. Procesos físicos en la pintura.

Se plantean conceptos y nociones de física que tienen aplicación para la comprensión del comportamiento de algunos materiales.

III. Aplicaciones en las diferentes técnicas pictóricas.

En esta sección se describe brevemente cada técnica; luego se vincula con algunos conceptos científicos que tienen relación con ella.

IV. Anexos:

IV.I. Trata acerca del tamaño relativo de partículas dispersas, en el cual se encuentra el tamaño de las partículas coloidales.

IV.II. Tabla de equivalencias de las diferentes unidades de medición manejadas en la tesis.

IV.III. Glosario de algunos términos que no han sido desarrollados en la tesis, pero que resulta indispensable conocerlos para un mejor entendimiento.

V. Conclusiones.

Constituye una reflexión sobre todo el trabajo en general.

VI. Bibliografía.

Es el conjunto de libros que fueron consultados y sirvieron de apoyo para la elaboración de esta tesis.

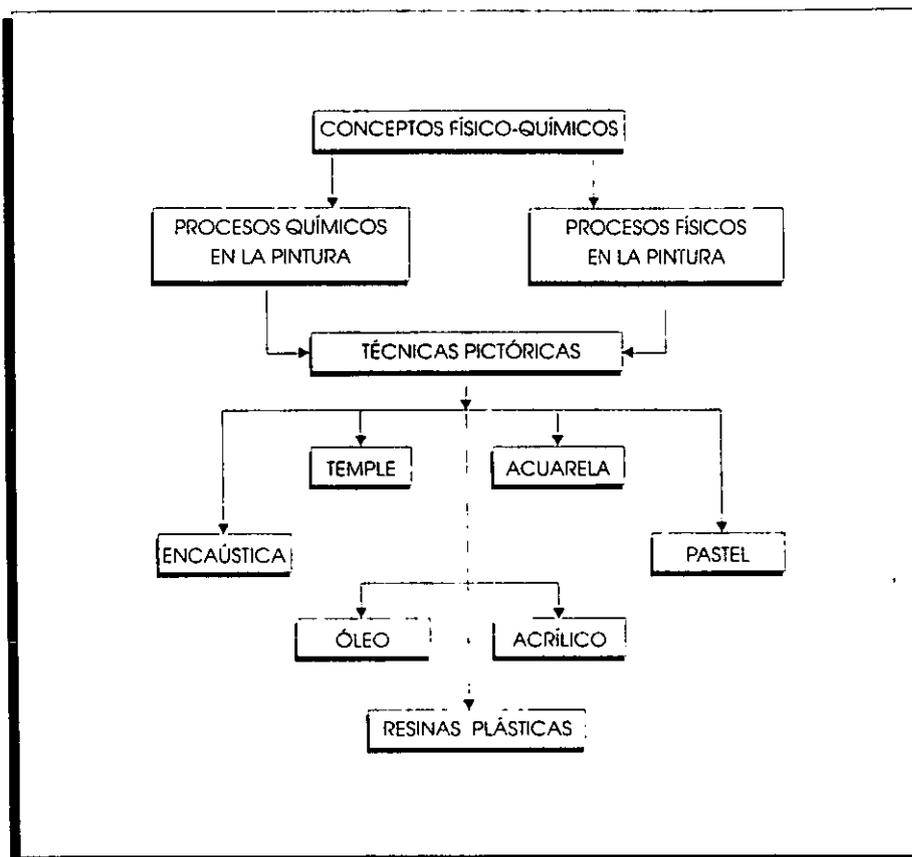
OBJETIVOS

Proporcionar al artista plástico conocimientos científicos que le ayuden a fundamentar adecuadamente su actividad.

Aplicar algunos conocimientos de química y física a la práctica de la pintura, tomando como base las diferentes técnicas.

Proporcionar al artista plástico los fundamentos para la comprensión de textos técnicos, como los de técnicas de materiales.

A continuación se presenta un diagrama conceptual que muestra las relaciones temáticas de esta tesis.



ASPECTOS HISTÓRICOS

Fue el hombre prehistórico o el paleolítico quien aprendió primero a utilizar la madera y luego la piedra sin pulir, para la elaboración de diversos instrumentos que le permitieron satisfacer sus necesidades básicas; así, elaboró flechas, hachas, mazos, etc. Luego refinó su técnica y confeccionó instrumentos cada vez más precisos como cuchillos, cinceles, taladros y buriles, entre otros. De esa forma creó la alfarería y el arte rupestre, el cual era ejercido en el interior de las cavernas, aprovechando el relieve natural que ofrecían las rocas en su interior. Fue así como plasmó diversas reproducciones de animales y algunas figuras humanas. Dentro de estas representaciones encontramos: renos, caballos, toros, mamutes, etc., además de fantásticas figuras policromas que se localizan en el sur de Francia y en el norte de España.

Dichas manifestaciones demuestran que había logrado desarrollar una técnica pictórica con una adecuada utilización de pigmentos, aglutinantes e instrumentos de aplicación.

Los pigmentos fueron principalmente el ocre, los diversos óxidos de hierro y manganeso, presentes en cierto tipo de arcillas. Los aglutinantes fueron la grasa animal y la sangre, que se mezclaba con los pigmentos. Los pinceles, hechos con hueso y pelos de animal, se

usaron como instrumentos para aplicar las pinturas así elaboradas.

Posterior a la prehistoria surge la era de los metales o protohistoria. Fue el hombre de este periodo quien, por observación del cobre derretido que emanaba de las rocas sometidas a calentamiento, aprendió a extraerlo y a utilizarlo en la fabricación de armas y utensilios. Después aprendió a trabajar el hierro y, posteriormente, el acero. De este modo, la metalurgia jugó un papel importante en el desarrollo de la química.

En el tercer siglo antes de Cristo, en Alejandría, Egipto, surgió la alquimia, la cual se constituía por conocimientos diversos de metalurgia, pintura y trabajo con vidrio. Su finalidad era transmutar la materia y prolongar la vida.

De Alejandría, la alquimia se propagó por todo el mundo. Muchos alquimistas encaminaron sus esfuerzos a la búsqueda de la piedra filosofal, -sustancia que transformaba los materiales en oro- y el elixir de la vida -el cual haría que los ancianos recuperaran su juventud.

Entre los alquimistas más famosos se puede citar: Hermes Trimegistos, de Alejandría, 300 a. de n.; Sun Po, 100 a. de n., y Ku Hung, 300 de n. e., de China; Jafar al Sadiq, 750 de n. e., De Arabia; Alberto Magno, 1200 de n. e.; Bartolomeo Anglicus, 1200 de n. e.; Santo Tomás de Aquino, 1200 de n. e.; Roger Bacon, 1250 de n. e.; Paracelso, 1500 de n. e., estos últimos siete de Europa Occidental.

Aunque la finalidad del alquimista era diferente a la de nuestros días, su actividad contribuyó al

descubrimiento y estudio de las propiedades de muchas sustancias, dentro de las cuales se encuentran aquellas que fueron utilizadas por los artistas antiguos.

Tan importante como la labor de los alquimistas fue la de los tratadistas, quienes recopilaron y escribieron sobre el conocimiento que se tenía hasta entonces de los materiales artísticos. Entre los principales tratadistas pueden citarse los siguientes:

Vitruvio Pollio (2da. mitad del siglo a. de n. e.); arquitecto romano; autor del *tratado De Architectura*, fuente importante para la historia de arte antiguo, que contiene información de pintura y escultura.

Plinio (23/24 a 79 d. C.); sabio enciclopédico romano. Escribió su *Naturalis Historia*, una compilación de 37 libros, donde trató de abarcar el conjunto de ciencias naturales y artes.

Teófilo; escribió un tratado sobre procedimientos y técnicas artísticas medievales y cristianas titulado *De Diversis Artibus*. Su obra fue fechada entre 111 - 1140 d. C., en la cual se establece que el óleo era conocido mucho antes del supuesto descubrimiento de los hermanos Van Eyck. Se sabe que era monje y sacerdote benedictino.

Cennino Cennini (1370 - 1440 d. C.); pintor tratadista florentino, autor del libro de *Arte*, la fuente más importante de la práctica a finales de la Edad Media.

Georgio Vasari (1511 - 1574 d. C.); pintor, arquitecto y biógrafo italiano que escribió su obra: *Vida de los artistas*, la cual es fuente de información del

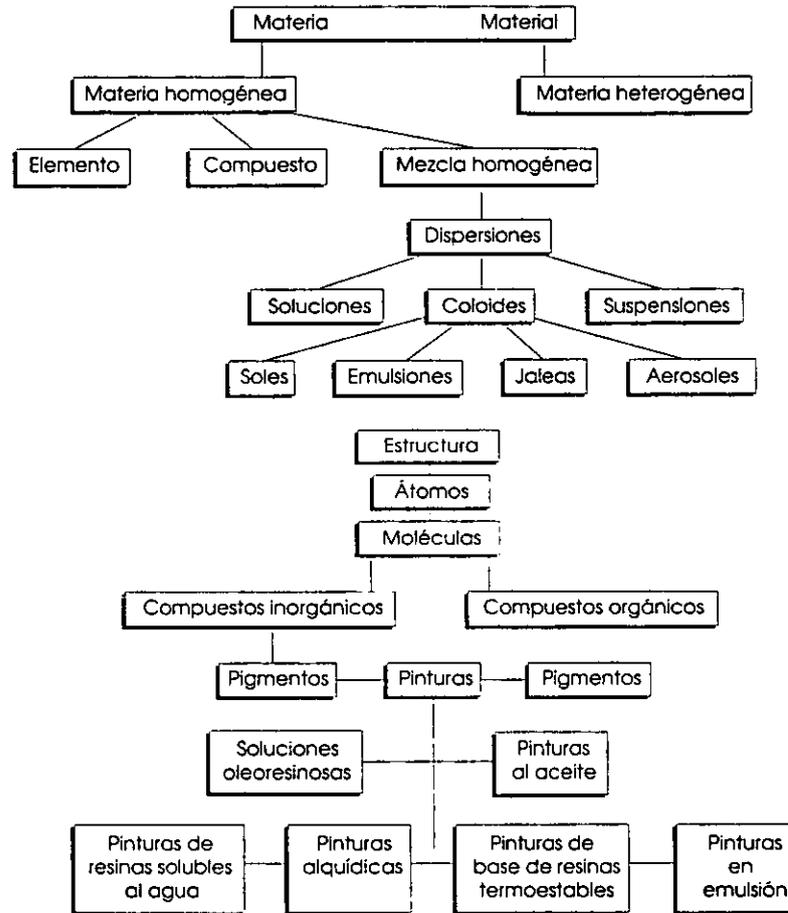
renacimiento italiano. En ésta presenta el arte de Giotto, Cimabue, Brunellechi, Donatello, Leonardo, Miguel Ángel y Rafael.

En la actualidad contamos con tratadistas modernos que toman en cuenta los procesamientos clásicos, pero a la luz de la ciencia contemporánea. A continuación se presentan algunos tratadistas y su obra:

AUTOR	TÍTULO
Arthur Pillans Laurie	<i>Métodos y materiales en la pintura</i>
Ralph Mayer	<i>Materiales y técnicas del arte</i>
Ray Smith	<i>El manual del artista</i>
Max Doerner su	<i>Los materiales de pintura y empleo en el arte</i>
José I. Gutiérrez	<i>Del fresco a los materiales plásticos</i>

Como puede apreciarse existe una carencia de autores nacionales que aborden, desde nuestra óptica, el estudio de los materiales artísticos.

Mapa conceptual de los procesos químicos en la pintura



I. PROCESOS QUÍMICOS EN LA PINTURA



I. PROCESOS QUÍMICOS EN LA PINTURA

Nociones generales

La práctica de la pintura incluye una adecuada utilización de las diversas técnicas de acuerdo con el estilo, género y temáticas propias del artista plástico. A su vez, cada una implica el manejo de diversos materiales que demandan un conocimiento básico de sus propiedades, forma de utilización y aplicaciones. Por ello se requiere que el artista tenga conocimiento de las relaciones y reacciones que pueden ocurrir entre los materiales artísticos.

La relación química-arte permite optimizar los procesos de producción plástica, dotando al pintor de nuevas herramientas para la experimentación propia con nuevos materiales. Enseguida se analiza con más detalle dicha analogía.

Relación de la pintura con la Química

La relación de la pintura con la química se da en tres direcciones:

1. En la aplicación según la técnica:

Cuando se aplica alguna técnica específica a la resolución de una obra, como óleo, temple, acrílico, encáustica, acuarela, etc., se encuentra íntimamente relacionada con el correcto manejo de los materiales, de tal forma que se garantice su estabilidad en el tiempo. Es frecuente ver obras agrietadas con capas quebradizas de pintura, así como cambios en los esquemas tonales y de matices, como consecuencia de una inadecuada utilización de los materiales.

2. En la restauración de obra pictórica:

Incluye todos los medios que se requieren, con el fin de rehabilitar las obras dañadas o deterioradas debido a las condiciones ambientales adversas y accidentes. Aunque el restaurador necesita de otros conocimientos para poder intervenir una obra.

3. En la autenticación de obra:

Vincula todos los procedimientos físico-químicos, principalmente de análisis químico, utilizados con el fin de descubrir posibles falsificaciones.

Estos tres aspectos requieren de conocimientos generales en química.

A continuación se presenta un estudio de algunos temas de interés para el artista plástico.

El enfoque que se utilizará en esta tesis es el siguiente: primero la introducción del concepto químico o físico; enseguida se relaciona con alguna característica técnica de importancia para el artista plástico.

Materia y material

Materia

Para nuestros propósitos podemos definir a la materia como todo aquello que posee volumen y masa.

El *volumen* mide el espacio ocupado por un cuerpo. La *masa* mide la cantidad de materia contenida por un cuerpo.

La *materia* tiene una estructura, es decir, está constituida por partículas muy pequeñas llamadas moléculas y átomos, los cuales interactúan por medio de fuerzas de origen electromagnético, dando lugar a los tres estados de agregación, llamados también fases: sólido, líquido y gaseoso.

En realidad, el pintor trabaja de un modo directo con fases sólida-líquida. Los pigmentos son sólidos, constituidos por pequeñas partículas o cristales. El aceite de linaza, el aguarrás refinado y el agua son líquidos.

En el caso de la pintura al óleo, trabaja indirectamente con un gas que es el oxígeno atmosférico, puesto que este componente del aire reacciona químicamente con los ácidos grasos que forman parte del aceite de linaza (ácido oleico, linoleico y linolénico)

Una fase es un sistema químico y físico uniforme. Las fases pueden distinguirse, porque presentan límites

claros, ejemplo: el agua mezclada con el aceite forma un sistema de dos fases, en la parte inferior se distingue el agua y en la superior, al aceite.

De acuerdo con el número de fases, la materia puede ser homogénea o heterogénea. La primera está formada por una sola fase; la segunda, puede tener dos o más fases, las cuales se distinguen porque presentan límites de separación; a su vez, la materia homogénea puede ser sustancia o solución.

Una sustancia puede ser un compuesto o bien, un elemento. Del primero podemos decir que es una sustancia a la cual se le puede descomponer por procesos químicos, contrario al elemento, sustancia a la cual no es posible descomponer en otras más sencillas por métodos químicos.

Una solución es una mezcla homogénea, formada por una sola fase. Si se mezclan en proporciones adecuadas pigmento y aceite de linaza, se forma una pasta homogénea llamada pintura al óleo, en la que el pigmento está completamente disperso en el aglutinante. Esto se logra mediante una adecuada molienda del pigmento en el aglutinante.

En el mercado se venden las pinturas al óleo debidamente preparadas, a las que se les agregan otras sustancias llamadas *estabilizadoras*, con el objeto de que el pigmento se conserve siempre en suspensión y no se separe del aceite de linaza, puesto que así se formaría un sistema heterogéneo. Para evitarlo, se

agregan: ceras, soluciones acuosas o bien, un pigmento inerte, como el hidrato de aluminio.

En el siguiente diagrama se presentan ejemplos de la materia homogénea y heterogénea en algunas técnicas.

	MATERIA	USO
MATERIA HETEROGÉNEA	madera	soporte
	arcilla	modelado
	argamasa	fresco
MATERIA HOMOGÉNEA	SUSTANCIAS	
	COMPUESTOS	
	agua	solvente
	ácido nítrico	aguafuerte
	carbonato de plomo	pigmento
	óxido de zinc	pigmento
	óxido de cobalto	pigmento
	ELEMENTOS	
	carbón	dibujo
	grafito	dibujo
cobre	aguafuerte	
aluminio	grabado	
zinc	grabado	
SOLUCIONES		
aguarrás	disolvente	
aceite de linaza	óleo	
barniz damar-alcohol	óleo	
thinner	disolvente	

En los sólidos, las moléculas ocupan posiciones fijas debido a que predominan las fuerzas de atracción, por lo cual tienen forma y volumen propios.

En los líquidos, las moléculas se mueven con mayor facilidad de un punto a otro debido al equilibrio entre las fuerzas de atracción y repulsión: toman la forma y volumen del recipiente que los contiene.

En los gases, las moléculas se mueven a grandes velocidades, puesto que las fuerzas de repulsión predominan sobre las de atracción, no tienen forma ni volumen propios.

Enseguida se presenta una tabla con ejemplos de los estados de la materia y sus aplicaciones pictóricas.

Sustancia	Fase	Aplicación
Grafito	Sólida	Dibujo
Pigmento		Pintura
Cola de conejo		Imprimatura
Aguarrás	Líquida	Disolvente
Formol		Conservador
Agua		Acuarela
Freón		Propulsor de aerosol o spray en fijativos, para lápiz y carbón
Oxígeno	Gas	Las reacciones de polimerización del óleo incorporan al oxígeno.
Óxido nítrico		La técnica de <i>aguafuerte</i> libera óxido nítrico.

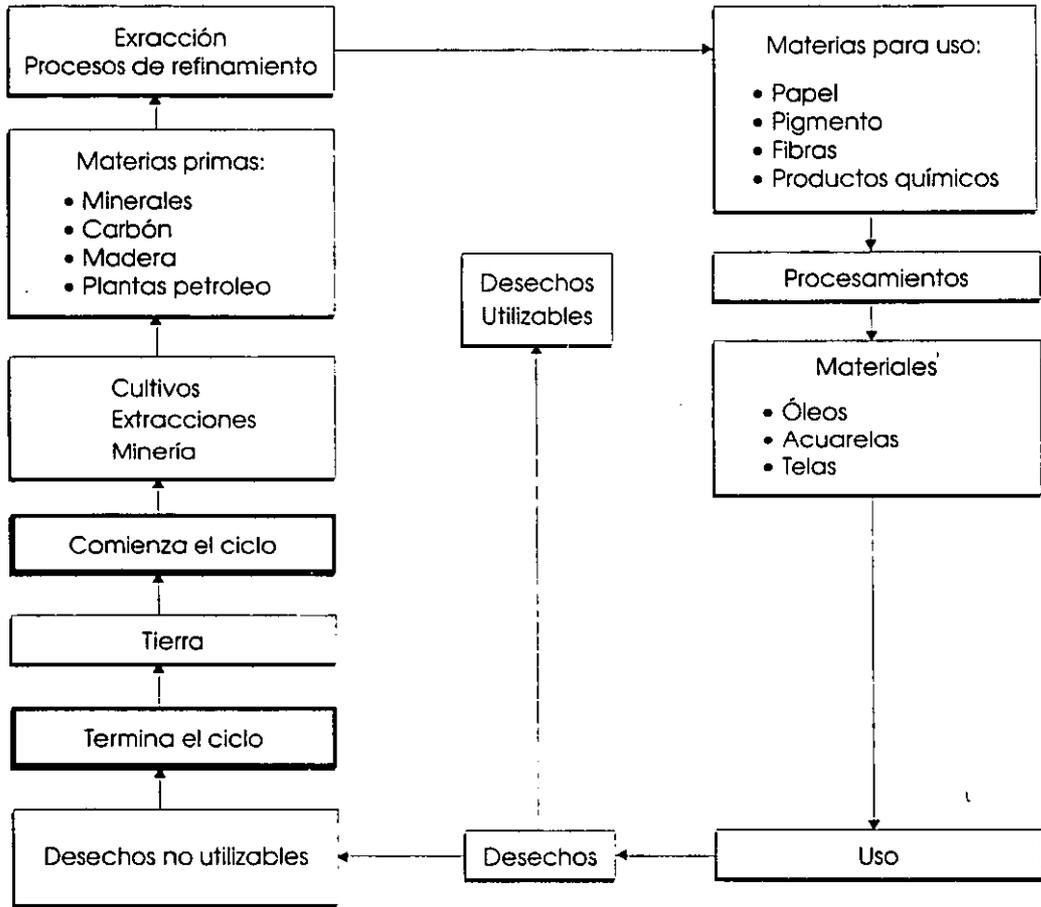
Material

Es una materia a la cual se le da un uso determinado. La siguiente igualdad ayuda a recordar su definición:

$$\text{materia} + \text{uso} = \text{material}$$

Es importante para el artista comprender que los materiales tienen un periodo de duración y cumplen con un ciclo que se inicia con su obtención; continúa al utilizarlo y finaliza con su incorporación al suelo, subsuelo o atmósfera.

CICLO DE LOS MATERIALES



No todos los desechos se incorporan en forma natural a la tierra, por ejemplo, a los plásticos no biodegradables los microorganismos no los descomponen; debido a ello se acumulan provocando contaminación.

Dispersiones

Las dispersiones son mezclas constituidas por dos partes: una fase dispersora que se encuentra en mayor proporción y una fase dispersa en menor proporción. De acuerdo con el tamaño de las partículas de la fase dispersa se clasifican en soluciones, coloides y suspensiones.

En las soluciones, llamadas también disoluciones, el tamaño de las partículas de la fase dispersa es muy pequeño (0.5 A a 2.5 A); corresponden a tamaños atómicos o moleculares, por lo que no pueden verse con ningún tipo de microscopio. Para este tipo de sistemas, la fase dispersora recibe el nombre de *solvente* y la fase dispersa el de *soluto*.

Cuando el solvente es agua, entonces se dice que las soluciones son acuosas.

La capacidad de formar soluciones es muy utilizada por el artista en diversas técnicas; por ejemplo, el poder disolvente del aguarrás permite manipular adecuadamente al óleo. Con el mismo fin se puede emplear una solución de aguarrás, barniz Damar y aceite de linaza, llamada *barniceta*.

En el caso de la acuarela debe evitarse el agua que contenga sales disueltas, por lo que deberá emplearse agua destilada por los efectos adversos que dichos solutos pueden tener sobre las acuarelas.

Otras de las aplicaciones de la solubilidad se da en en la diferenciación entre pigmentos y anilinas. Los pigmentos son materiales completamente insolubles en agua; por ello, si se les pone en ésta, sedimentan formando un sistema heterogéneo de dos fases; en tanto que las anilinas y otros colores sí son solubles en ella, formando un sistema homogéneo o solución.

El agua también disuelve algunas sales minerales que forman parte de los muros y las transporta hasta las superficies, originando el salitre a medida que el agua se evapora. Este tipo de muros es inadecuado para la aplicación de pintura al fresco y para cualquier otra técnica.

En los coloides, los tamaños de las partículas de la fase dispersa son mayores (10 A a 1000 A); sin embargo, es todavía imposible verlas con microscopio óptico; no obstante, es posible fotografiarlas con microscopio electrónico.

Las partículas coloidales son lo suficientemente grandes para reflejar y dispersar la luz, presentando el fenómeno conocido como efecto *Tyndall*. Este efecto se debe a la aparición de propiedades ópticas en los coloides. Así, si un brillante e intenso rayo de luz atraviesa un coloide, aparece en dicha zona una turbiedad; ello se debe a que la luz es dispersada por las diminutas

partículas coloidales. El fenómeno puede observarse en un cuarto oscuro, en el cual un rayo se hace visible, porque las pequeñas partículas de polvo reflejan y dispersan la luz, permitiéndonos observarlas.

La dispersión depende de los índices de refracción del medio dispersante y de la partícula, así como de la estructura y naturaleza de ésta.

También las partículas coloidales presentan un movimiento caótico y al azar conocido como movimiento *browniano*. Este movimiento fue observado inicialmente por el botánico inglés Robert Brown (1827), quien, utilizando un microscopio, observó un extraño movimiento de granos de polen suspendidos en agua.

Partículas más pequeñas como el polvo presentan el mismo comportamiento.

Las mediciones demostraron que el movimiento *browniano* es observado en partículas suspendidas en algún medio y cuyo diámetro no es mayor de cinco micras. Cuanto más pequeñas son las partículas, más rápido es su movimiento; así, las partículas coloidales se mueven con mayor vigor que las grandes (este movimiento depende de la temperatura). La molécula de los polímeros, como el almidón, gelatina y colas, está sujeta también a este tipo de movimientos.

En realidad, el movimiento *browniano* es el que mantiene a las partículas en suspensión y evita que sedimenten por efecto de gravedad, manteniendo el sistema estable.

Las partículas coloidales también pueden portar carga eléctrica positiva o negativa; pero en las dispersiones coloidales con mayor estabilidad sus partículas dispersas llevan el mismo tipo de carga.

Algunos sistemas coloidales alcanzan su estabilidad por medio de una tercera sustancia llamada *agente estabilizador*. Como ejemplo tenemos la leche, cuya fase dispersora es el agua, le dispersa las grasas y la sustancia estabilizadora es la caseína.

El tamaño de las partículas en los pigmentos es de especial importancia para la formación de sistemas o dispersiones homogéneas. Cuando las partículas de pigmento tienen dimensiones coloidales, presentan una serie de propiedades que dificultan su preparación, puesto que, al tratar de molerlos junto con el medio dispersante, se apelmazan, debido a que absorben aire o humedad, por lo que el tamaño de partícula óptima para preparar óleos o temples está comprendido entre 0.0002mm a 0.0004mm. Más abajo de este límite se presenta la formación de grumos y más arriba del mismo no puede dispersarse adecuadamente en el medio.

En las suspensiones, el tamaño de las partículas dispersas es mayor que en los coloides (mayor a los 1000 Å); en consecuencia, la fuerza de gravedad actúa sobre ellas provocando su sedimentación.

En el siguiente esquema se resume y se da ejemplos de los diferentes tipos de dispersiones:

DISPERSIONES

	Fase		Ejemplo
	Dispersora	Dispersa	
SOLUCIONES	Agua	Ácido nítrico	Soluciones de ácido nítrico utilizadas en grabado
	Aguarrás	Aceite de linaza y barniz damar	Utilizadas en la preparación de barnicetas para óleo
	Agua	alcohol etílico	Disolvente de barniz
COLOIDES	Agua	Cola de conejo (proteína)	La cola de conejo hidratada se usa en la preparación de imprimaturas de soportes en diversas técnicas pictóricas
	Aceite de linaza	Pigmento	Óleo
	Yema de huevo	Pigmento	Temple
	Cera de abeja	Pigmento	Encausto
	Goma arábiga	Pigmento	Acuarela
	Resina	Pigmento	Acrílico
SUSPENSIONES	Agua	Pigmento	En la aplicación al fresco

Los coloides se caracterizan por tener un tamaño de partícula de la fase dispersa unas diez mil veces mayor que el tamaño de átomos y moléculas. La palabra coloide procede del vocablo griego *kolla* que significa cola o pegamento. Cuando se dispersan en agua no producen soluciones verdaderas, se les llama *dispersiones coloidales*: un coloide.

A continuación se describe cada uno de ellos.

Soles: El sólido está disperso en el líquido que forma la parte continua; como ejemplo tenemos la leche de magnesia dispersa en agua.

Emulsiones: Son coloides en los cuales un líquido está disperso en otro; puede citarse a la leche, en la cual los glóbulos de grasa están dispersos en agua. Algunas emulsiones logran su estabilidad por medio de una tercera sustancia llamada agente estabilizador, la cual evita que las partículas de la fase dispersa se aglutinen. En el caso de la leche, el agente estabilizador emulsificante es la caseína, proteína utilizada en la preparación del temple de caseína.

Gel: Es un tipo especial de coloide donde la fase dispersa en el líquido forma una estructura reticular (red) muy fina que se extiende en todo el sistema. Dentro de este tipo tenemos la cola de conejo hidratada, utilizada en la preparación de imprimaturas para soportes.

Jalea: Es gel que contiene mucho líquido; esta característica la hace muy elástica. Como ejemplo podemos citar una lámina de celofán.

Aerosol: Coloide constituido por la dispersión de un sólido o un líquido en un gas. Ejemplos: humo, smog y aerosoles para fijar dibujos a lápiz o pastel.

Estructura de la materia

La materia que observamos y con la que interactuamos todos los días de una u otra forma presenta diferentes niveles de organización o estructura. Su comprensión es importante para poder entender las propiedades de los materiales utilizados en la pintura, por ello se abordará brevemente estos aspectos.

Las unidades estructurales más pequeñas de la *materia* son las partículas subatómicas entre las que se encuentran principalmente los electrones, que portan carga negativa; los protones, que portan carga positiva, y los neutrones, partículas neutras que no portan carga.

Las unidades siguientes en tamaño son los *átomos*, o sistemas formados por partículas subatómicas que a su vez se combinan para formar moléculas, las cuales forman sustancias o mezclas. Cada unidad representa, en realidad, niveles de organización de la materia sucesivamente superiores, constituyendo así una jerarquía en la que cualquier nivel contiene los valores inferiores y un componente de todos los superiores. Así, por ejemplo, los átomos contienen partículas subatómicas como componentes y son al mismo tiempo factores de los compuestos químicos. Todos

estos niveles estructurales se encuentran tanto en el mundo viviente como en el animado.

El reconocer que la *materia* contiene partículas subatómicas con carga eléctrica es importante para el artista, puesto que las propiedades de los diferentes materiales que emplea tienen su origen en ellas. La adherencia entre las diferentes capas de pintura sobre la imprimatura está determinada por fuerzas eléctricas entre el medio pictórico y dicha capa. Cuando se debilitan estas fuerzas eléctricas la pintura se resquebraja desprendiéndose del soporte.

Átomos

Actualmente se conocen alrededor de 105 clases de sustancias diferentes llamadas *elementos*, cada uno de los cuales existe en forma de unidades pequeñas llamadas *átomos*. El *átomo* es un sistema formado por partículas subatómicas, distribuidas de la siguiente manera: neutrones y protones, la parte central del átomo o núcleo, y electrones, que se mueven en órbitas alrededor de éste.

Como los protones poseen cargas positivas y los neutrones carecen de éstas, el núcleo es eléctricamente positivo. Los electrones, con su carga negativa, equilibran la carga de los protones, dando por resultado que el átomo sea eléctricamente neutro. Los electrones se mantienen alrededor del núcleo, como los planetas alrededor del sol. La primera capa,

la próxima inmediata al núcleo, puede contener como máximo dos electrones, la segunda ocho. Los electrones van llenando estas capas de la más interna hacia afuera, pero en ningún caso la última capa excede ocho electrones.

Cuando las capas electrónicas están completas, el átomo tiene su máxima estabilidad. Como ejemplo tenemos a los gases nobles, los cuales poseen ocho electrones en su última capa y por lo tanto no son reactivos o es muy difícil que reaccionen con los átomos de otros elementos. En el resto de los elementos la capa más externa de sus átomos está incompleta, lo que los hace inestables, es decir, pueden combinarse químicamente con otros átomos inestables dando lugar a las reacciones químicas. Estas reacciones entre átomos inestables se realizan por medio de fuerzas eléctricas, originadas por las partículas subatómicas constitutivas del átomo.

Un átomo tiende a perder o a ganar electrones con el fin de estabilizarse y adquirir la configuración estable de ocho electrones, formando *iones*. Un *ión* es un átomo que ha ganado o perdido electrones. Cuando un átomo pierde electrones se rompe el equilibrio eléctrico o balance entre cargas positivas y negativas, formándose así un ión positivo o catión. Asimismo, cuando un átomo gana electrones se forma un ión negativo o anión.

Los átomos de los elementos que pierden electrones se conocen con el nombre de *metales* y los

átomos que ganan electrones son los *no metales*.

Los compuestos formados por transferencia de electrones entre sus átomos se llaman *compuestos iónicos*; por ejemplo, el compuesto iónico cloruro de sodio, resultado de la transferencia de un electrón del sodio al cloro.

Todas las reacciones químicas que se dan al utilizarse algún material artístico se deben a una tendencia que tienen los átomos o moléculas que conforman dicho material a estabilizarse eléctricamente.

Dentro de los metales que han sido utilizados en la pintura tenemos la lámina de cobre, usada por los miniaturistas holandeses del siglo XVII.

Los metales tienen una gran tendencia a estabilizarse eléctricamente, por lo que reaccionan con cierta facilidad al contacto con el oxígeno atmosférico. Esta propiedad se utiliza cuando se dibuja con punta de plata. Los átomos de plata, al quedar adheridos al papel, reaccionan con el oxígeno del aire, produciendo un ennegrecimiento debido al óxido de plata formado. Esta reacción es gradual, lo que confiere a la obra una gran delicadeza.

Moléculas

Además de la transferencia de electrones, los átomos tienen otra manera de estabilizarse: compartiendo electrones. Así, dos átomos de cloro

interaccionan formando una *molécula* de cloro constituida por dos átomos de cloro o Cl_2 . Se puede compartir un par, dos pares o tres pares de electrones.

Los enlaces que resultan formados por la coparticipación de uno, dos o tres pares de electrones se llaman *enlaces covalentes*.

Las moléculas de los ácidos grasos de los aceites contienen enlaces covalentes. De hecho, la capacidad secante de algunos aceites depende del número de enlaces dobles que posea.

Dentro de los ácidos que se encuentran normalmente presentes tenemos: *ácido esteárico, oleico, linoleico y linoléico*. Todos son sustancias cuyas moléculas están formadas por 18 átomos de carbono; sin embargo, *el ácido esteárico* tiene enlaces sencillos y es no secante; *el ácido oleico* posee un doble enlace y es un aceite secante débil. Los *ácidos linoléico y linoléico* contienen dos y tres enlaces dobles; esta característica los hace muy secantes.

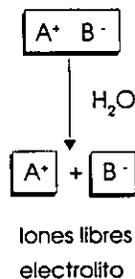
Lo que se llama *secado* es en realidad un proceso químico de polimerización, en el cual los ácidos reaccionan con el oxígeno atmosférico, produciendo una sustancia nueva, dura y flexible llamada linoxina.

Dentro de todos los aceites, el de linaza es el que contiene un 40% de ácido linoléico, es decir, el de mayor poder secante. También tiene un 30% de ácido linoléico.

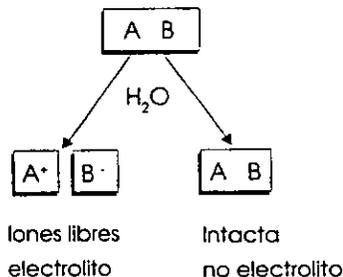
Casi todas las técnicas pictóricas se llevan a cabo por reacciones de polimerización, ya sea de ácidos

El siguiente diagrama explica el fenómeno de la disociación.

Compuesto iónico



Compuesto molecular

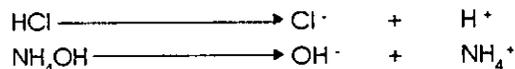


No todos los compuestos son solubles en agua; un ejemplo es el carbonato de calcio que se forma a partir de la reacción de la cal (hidróxido de calcio) con el oxígeno atmosférico en la técnica al fresco. Este compuesto, una vez formado, es insoluble en agua, por lo que no forma iones libres.

La formación de iones libres es un factor que debe evitarse en la técnica al fresco. El muro, al estar expuesto a la humedad, genera salitre que consiste en sales iónicas (electrolitos disueltos en agua) que afloran a la superficie botando la pintura.

Ácidos y bases

Cualquier sustancia que se disocie en agua y produzca iones hidrógeno es un ácido. Cualquier sustancia que se disocie en agua produciendo iones hidróxilo OH es una base o álcali; ejemplos: el ácido clorhídrico en agua se disocia y produce iones cloruro libres y también iones hidrógeno. A su vez el hidróxido de amonio en agua produce iones amonio e hidróxilo, como se ve en los siguientes esquemas.



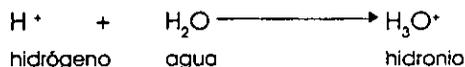
Cuando un ácido reacciona con una base se produce sal y agua; como estas sustancias son neutras, es decir, no son ácidos ni bases, entonces se dice que la reacción entre un ácido y una base es una reacción de neutralización.



Un ácido es fuerte o débil según el grado en que se disocia. Así el ácido clorhídrico es fuerte, porque casi todas las moléculas se encuentran disociadas y tan sólo unas pocas permanecen sin disociar. Sin embargo, el ácido acético es débil, porque sólo unas pocas moléculas permanecen disociadas. De igual forma, a

las bases también se les clasifica en fuertes y débiles según el grado de disociación.

Cuando el ión hidrógeno entra en contacto con el agua, en realidad se forma el ión hidronio.



La fuerza de un ácido o una base depende del grado de disociación que tenga cuando entren en contacto con el agua, cuantos más iones H_3O^+ (hidronio) y OH^- (hidroxilo) tenga una solución, mucho más fuerte es un ácido o una base.

El *pH* es un número que se utiliza para medir la fuerza de un ácido o una base y puede medirse directamente con un aparato especial llamado "peachímetro" o bien con una escala de papel indicador ácido - base. El pH o potencial Hidrógeno cubre el rango de 0 a 14. Si el pH de una solución es 7 indica que es neutra, es decir, ni ácida ni básica. De 0 a 7 es ácida, si la solución tiene un pH mayor a 7 es básica.

En la selección de un muro para la aplicación de pintura al fresco o con cualquier otra técnica deberá ser neutro, es decir, deberá tener un pH igual a 7, para que los materiales artísticos no reaccionen químicamente y alteren sus propiedades. Si no es así, se procederá a neutralizarlo. Si el muro es alcalino su

pH será mayor de 7 y puede emplearse una solución ácida de ácido clorhídrico en agua, para lo que se prepara una solución que contenga 10cc de ácido clorhídrico y 90cc de agua.

Las pinturas al óleo contienen ácidos grasos libres y su concentración determina su pH o índice de acidez. Los ácidos grasos libres actúan como humectantes de los pigmentos, es decir, tienen una acción benéfica facilitando el proceso de desleído.

El pH del aceite de linaza debe estar comprendido entre 5 y 10 para que pueda ser utilizado como aglutinante. La forma de refinamiento del aceite de linaza determina su pH. Así, por ejemplo, en aceite refinado con álcalis reduce su pH.

Indicadores ácido - base

Un indicador ácido-base es una sustancia que presenta un color bien definido dependiendo de la fuerza que tenga la solución.

En la siguiente tabla se dan los nombres de algunos indicadores ácido-base.

Indicador	Color en solución ácida	Color en solución básica	Intervalo pH
Azul de timol (ácido)	Rojo	Amarillo	1.2 - 2.8
Tornasol	Rojo	Azul	5 - 8
Azul de bromotimo	Amarillo	Azul	6 - 7.6
Azul de timol (base)	Amarillo	Azul	8 - 9.6
Fenofaleína	Incoloro	Rojo	8.3 - 10
Amarillo alizarina	Amarillo	Rojo - naranja	10.1 - 12
Nitroamina	Incoloro	Anaranjado pardo	10.8 - 13

Existen otros indicadores que cubren rangos de pH bajos o altos.

Se puede seleccionar el indicador adecuado si se tiene una idea del rango de pH con el que se va a trabajar.

Nombres de compuestos inorgánicos

Los elementos de la tabla periódica son 105 y se los puede clasificar de la siguiente forma:

Los que se localizan en el lado derecho se llaman gases nobles o inertes, porque son poco reactivos; ellos son: helio, neón, argón, kriptón, xenón y radón. Existe otro grupo de elementos llamado metales, que son

sustancias que presentan brillo, son buenas conductoras del calor y de la electricidad, poseen suficiente flexibilidad para deformarse y pueden fundirse, hecho que se utiliza en el vaciado de piezas para escultura. Como ejemplos pueden citarse el sodio, el calcio, el aluminio, el oro, la plata, el zinc, el cobre, etcétera.

Otro grupo lo constituye los no metales, elementos que son malos conductores del calor y de la electricidad. Como ejemplo se citan al cloro, el flúor, el azufre, el fósforo, el bromo, el yodo, etcétera.

Existe un último grupo de elementos con características de metales y de no metales, como son el boro, el arsénico, el silicio, el germanio, etcétera.

La comprensión de esta clasificación nos sirve para poder entender el nombre que toman algunos compuestos inorgánicos.

Los compuestos inorgánicos se pueden clasificar en: sales, bases y ácidos.

Una sal está formada por metal, ejemplos:

Fórmula	Nombre
KCl	cloruro de potasio
NaCl	cloruro de sodio
CaCl ₂	cloruro de calcio
FeCl ₃	cloruro de hierro
CuSO ₄	sulfato de cobre
Na ₂ CO ₃	carbonato de sodio

Una base está formada por un metal unido al grupo hidróxido OH. Ejemplo :

Fórmula	Nombre
NaOH	hidróxido de sodio
Fe(OH) ₃	hidróxido de hierro
Ca(OH) ₂	hidróxido de calcio
Al(OH) ₃	hidróxido de aluminio

Los ácidos son compuestos que contienen hidrógeno sustituible en su molécula y un no metal; ejemplos:

Fórmula	Nombre
HC	ácido clorhídrico
H ₂ S	ácido sulfhídrico
HF	ácido fluorhídrico
HBr	ácido bromhídrico

Existen ácidos oxigenados u oxiácidos; ejemplo:

Fórmula	Nombre
H ₂ SO ₄	ácido sulfúrico
H ₂ SO ₃	ácido sulfuroso
H ₃ PO ₄	ácido fosfórico
HNO ₃	ácido nítrico
H ₂ CO ₃	ácido carbónico

Existen otros compuestos llamados óxidos metálicos y óxidos no metálicos o anhídridos. Ejemplos:

Fórmula	Nombre
Na ₂ O	óxido de sodio
FeO	óxido de hierro
MgO	óxido de magnesio
SO ₃	anhídrido sulfúrico
SO ₂	anhídrido sulfuroso
CO ₂	anhídrido carbónico

Muchos de los pigmentos utilizados por los artistas en sus diferentes técnicas pictóricas son sales, por

ejemplo: amarillo de bario es el cromato de bario; amarillo de cobalto es el nitrato de cobalto; amarillo de fierro es el óxido de fierro; el azul de manganeso es el manganato de bario; el azul de cobalto es una mezcla de óxido de cobalto, óxido de aluminio y ácido fosfórico.

Sin embargo, también es necesario considerar que algunas sales son el principal enemigo del mural, pues inducen la destrucción del mismo. Son transportadas por el agua en el interior del muro por capilaridad y cuando llegan a la superficie cristalizan deteriorando y degradando la obra.

Las siguientes sales son las más perjudiciales para la pintura mural:

Fórmula	Nombre
Na_2SO_4	sulfato de Sodio
MgSO_4	sulfato de magnesio
K_2SO_4	sulfato de potasio
CaSO_4	sulfato de calcio
NaNO_3	nitrato de sodio
KNO_3	nitrato de potasio
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	nitrato de calcio
NaCl	cloruro de Sodio

Existen además compuestos insolubles como el óxido de silicio, SiO_2 , que provoca eflourescencias blancas que afectan al mural.

Compuestos orgánicos

Los compuestos orgánicos son aquellos formados por carbono e hidrógeno, fundamentalmente, aunque también existen compuestos orgánicos que, además de tener los elementos señalados anteriormente, poseen en su molécula nitrógeno, oxígeno, azufre y otros elementos.

En la actualidad se conocen mas de dos millones de estos compuestos; ello se debe a la capacidad de los átomos de carbono de enlazarse formando cadenas y ciclos de longitud variable, dependiendo del número de átomos de carbono.

Los átomos de carbono se unen por medio de enlaces covalentes con ligaduras sencillas, dobles y triples. Cada ligadura se representa por una raya y representa un par de electrones enlazantes compartidos.

Los compuestos orgánicos más sencillos se llaman hidrocarburos, porque únicamente están formados por carbono e hidrógeno.

Ejemplos:

metano	CH_4
etano	$\text{CH}_3\text{-CH}_3$
propano	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
butano	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
propano	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
hexano	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
heptano	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$

En la actualidad, muchos de los pigmentos que utiliza el artista son de naturaleza orgánica. La arquitectura de estos compuestos es muy compleja y no será expuesta aquí. Sin embargo, pueden citarse como ejemplos las siguientes:

Ftalocianinas: moléculas complejas cuya estructura está formada por anillos de átomos de carbono y nitrógeno en cuyo centro se encuentra un átomo de cobre.

Quinacridonas: forman estructuras policíclicas o anillos, lo cual les confiere una alta resistencia química, evitando así variaciones de color.

Isoindolininas: forman también estructuras anilladas.

Como se mencionó, muchos de estos nuevos pigmentos presentan mayor estabilidad térmica, química y luminosa que sus antecesores, haciéndolos más resistentes a las condiciones ambientales adversas, como contaminación, influencia de luz ultravioleta, humedad y calor.

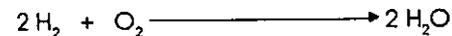
La reacción química

La reacción química es una forma de representar, por medio de símbolos, un cambio químico, es decir, una transformación en la naturaleza íntima de las sustancias involucradas. La transformación tiene lugar, porque existe un arreglo diferente de átomos en las moléculas. Así tenemos que las moléculas que reaccionan se llaman reactivos y a las nuevas moléculas formadas se les denomina productos.

Una reacción química puede representarse como sigue:



En donde A y B son los reactivos, C y D son los productos y la flecha indica la dirección de la transformación química que tiene lugar. Para que una reacción química quede escrita correctamente deben especificarse cuántas moléculas de productos y reactivos intervienen; así, por ejemplo, la formación de agua, a partir de hidrógeno y oxígeno, se escribe:



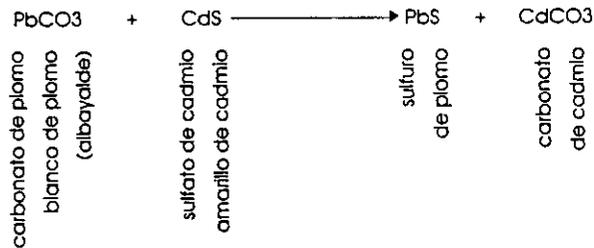
Lo que significa que dos moléculas de hidrógeno reaccionan con una de oxígeno para formar dos moléculas de agua.

Cuando dos sustancias reaccionan, existen cambios de energía que se manifiestan ya sea liberando calor, en cuyo caso decimos que son reacciones exotérmicas, o, bien, absorbiendo el calor, y les llamamos reacciones endotérmicas.

La velocidad con que se lleva a cabo una reacción química puede modificarse utilizando catalizadores; éstos pueden acelerar o retardar la reacción. En muchos casos, la luz y el calor actúan como catalizadores acelerando la reacción química; Como sucede en la reacción de polimerización.

La mayoría de los pigmentos, cuando interaccionan entre sí por medio del mezclado propio de cada técnica, presenta una alta estabilidad química, es decir, no reacciona; sin embargo, existen algunas combinaciones que deben evitarse, pues de lo contrario se provocará la formación de nuevas sustancias con cambios de color que perjudicarán la obra.

Un ejemplo es la reacción del blanco de plomo con pigmentos cuyas moléculas contienen azufre, como el amarillo de cadmio. La reacción se puede escribir como:



El cambio de color se debe a la formación perjudicial de sulfuro de plomo, el cual da una coloración negruzca.

Otras combinaciones que deben evitarse son las de pigmentos que contengan cobre-plomo, mercurio-plomo, mercurio-cromo.

La reacción química puede ocurrir al interaccionar el aceite con algunos pigmentos. Por ejemplo, el

carbonato de plomo o albayalde forma con los ácidos grasos de los aceites secantes jabones de plomo. Estos jabones favorecen el secado y la flexibilidad de la película, por lo que actúan como estabilizadores, retardando así el envejecimiento. En general, se llaman jabones a las sales alcalinas de los ácidos grasos.

El blanco de zinc, que es el óxido de zinc, también forma jabones con los ácidos grasos de aceite, favoreciendo el secado y estabilizando la película.

La reacción de un álcali o base con un ácido graso se llama saponificación. En los casos anteriores, el carbonato de plomo y el óxido de zinc actúan como bases en las reacciones de saponificación.

Un tipo importante de reacciones químicas que se lleva a cabo en las obras pictóricas es la llamada fotoquímica, provocada sobre todo por la influencia de la luz ultravioleta, componente importante de la luz solar. Este tipo de radiación produce cambios drásticos en el color de los pigmentos, debido a que se forman nuevas sustancias. En estos casos, la luz actúa como un catalizador positivo, es decir, acelera y provoca cambios en las sustancias, por lo cual debe evitarse que las obras estén expuestas a la luz solar directa por tiempos prolongados.

Dentro de los pigmentos fotosensibles tenemos al minio o rojo saturno, el sulfuro de mercurio o cinabrio, el carmín de cochinilla, el azul de prusia.

Quizá las reacciones más importantes que se presentan son las de los aglutinantes en las diferentes técnicas pictóricas. Por lo general son reacciones de

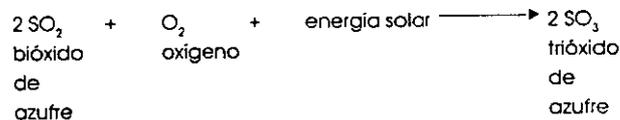
polimerización de ácidos grasos, carbohidratos o proteínas o bien de resinas sintéticas. Este tipo de reacciones serán discutidas cuando se aborde el punto de aplicaciones en diferentes técnicas pictóricas.

Un punto importante de reacciones químicas ocurre entre la obra pictórica y el medio ambiente, es la reacción definida por la contaminación atmosférica que afecta de alguna manera a los componentes químicos que estructuran el cuadro.

La contaminación atmosférica es producida por partículas sólidas y sustancias gaseosas que se encuentran presentes en la atmósfera, generadas por la actividad de fábricas y emisiones de vehículos. Entre los principales contaminantes se encuentran: el bióxido de azufre, el sulfuro de hidrógeno, los óxidos de nitrógeno, los aldehídos y cetonas, y el monóxido de carbono.

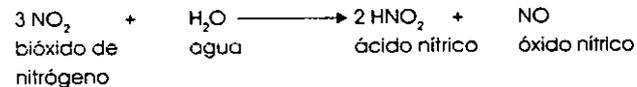
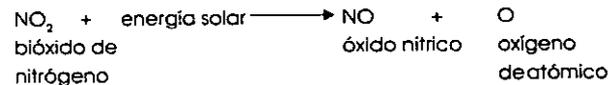
Frecuentemente, los contaminantes pueden reaccionar entre sí, en la atmósfera o bien por la acción de la energía solar, para formar otros compuestos diferentes y más agresivos. Como ejemplos tenemos las siguientes reacciones que son las que pueden afectar a los pigmentos de un cuadro:

Bióxido de azufre. Existe en la atmósfera de todas las ciudades; con la humedad produce ácidos cuya acción corrosiva es bien conocida.



Como se ve en las reacciones anteriores, primero se genera trióxido de azufre y en una segunda etapa éste reacciona con el agua, produciendo ácido sulfúrico.

Óxidos de nitrógeno. Éstos se producen durante la combustión de materia orgánica y son introducidos a la atmósfera por medio de los vehículos automotores; entre estos óxidos están el óxido nítrico, NO; el bióxido de nitrógeno, NO₂; el pentóxido de nitrógeno, NO₅, y el ácido nítrico.



Tanto el óxido nítrico como el ácido nítrico son reactivos oxidantes fuertes que provocan cambios drásticos en los materiales artísticos.

De este pequeño estudio se desprende la importancia de barnizar una obra para aislar las capas de pintura de estos contaminantes, evitando así que reaccionen, lo que le dará una mayor durabilidad y estabilidad.

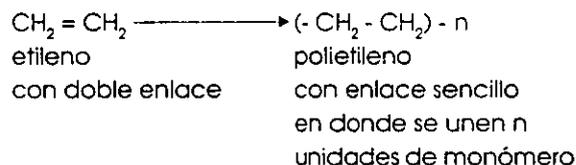
Plásticos

Como producto de la tecnología moderna, los plásticos ocupan un lugar importante en la elaboración de nuevos medios, como los acrílicos, las pinturas vinílicas, etcétera.

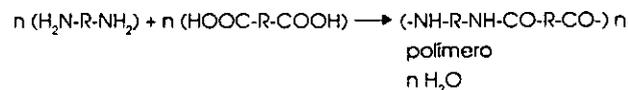
Los plásticos son polímeros orgánicos. Un polímero es una molécula gigante o macromolécula en la que sistemáticamente aparecen repetidos ciertos grupos de átomos con idéntica disposición relativa unidos por enlaces covalentes. Los organismos vivos los sintetizan a partir de moléculas estructurales más pequeñas denominadas monómeros y miles de monómeros quedan unidos formando las macromoléculas o polímeros. Se pueden citar como ejemplos el almidón, la celulosa, el caucho natural y las proteínas.

También la polimerización puede hacerse en el laboratorio por vía artificial. Esta polimerización se realiza fundamentalmente de dos maneras:

1. Por adición, en la cual se abre un doble enlace, de un monómero que lo contenga, formando enlaces sencillos:



2. Por condensación de moléculas de agua:



En la actualidad, más del 50 % de los productos orgánicos que fabrica el hombre se destina a la producción de plásticos.

Los plásticos pueden clasificarse en tres grandes grupos:

Termoplásticos. Se llaman así porque se ablandan o plastifican, pudiendo ser conformados una o varias veces por efecto combinado de la presión y de la temperatura. Cuando se eleva la temperatura fluyen.

Duroplásticos. Son duros y rígidos y aun a temperaturas altas no se funden por efecto del calor; por ello, también se les denomina termoestables o termofijos.

Elastómeros. Son plásticos que admiten altas deformaciones de tipo elástico.

Uno de los grandes impulsores mexicanos del uso de pintura sintéticas o plásticas en el quehacer artístico fue, sin duda, José L. Gutiérrez (1900-1968). Gutiérrez fue un pintor con grandes conocimientos de físico-química, lo que le permitió trabajar primero en unos importantes laboratorios en New Jersey. Después fundó unos talleres de investigación de pinturas y plásticos en el Instituto Politécnico Nacional (1950). Fue pionero en la

aplicación de los acrílicos en la pintura. Tamayo los utilizó para su obra en un edificio de la UNESCO, en París; Siqueiros en su pintura de caballete y José Clemente Orozco en un mural de la Escuela Nacional de Maestros.

Estructura molecular de los polímeros

Las macromoléculas que constituyen los plásticos están formadas por secuencias de átomos de carbono, entre los que se pueden intercalar átomos de silicio, nitrógeno, oxígeno y azufre, unidos por enlaces covalentes, formando así una cadena molecular que puede ser lineal o reticulada. Las cadenas reticulares pueden concebirse como el resultado del entrecruzamiento de cadenas lineales, mediante enlaces covalentes, formando así una red espacial.



lineal sin ramificar



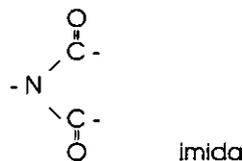
lineal ramificada



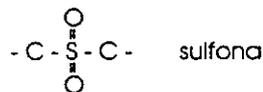
reticular

A lo largo de las cadenas atómicas se reconocen agrupaciones de átomos, entre las que destacan:

$-\text{CH}_2-$	metileno
$-\text{C}-\text{O}-\text{C}$	éter (oxi)
	(p) para fenilo
	(m) meta fenilo
	(o) orto fenilo
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{O}- \end{array}$	carbonato
$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ \parallel \quad \\ -\text{C}-\text{N}- \end{array}$	amida
$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ \parallel \quad \\ -\text{O}-\text{C}-\text{N}- \end{array}$	uretano
$-\text{C}-\text{S}-\text{S}-$	sulfuro
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{O}-\text{C}- \end{array}$	éster
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{O}-\text{C}-\text{C}- \end{array}$	carbonato

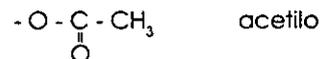


imida



sulfona

Los enlaces laterales de los átomos de carbono que no participan en la secuencia de la cadena principal están saturados por átomos de hidrógeno o bien por átomos de cloro, flúor u otras agrupaciones atómicas como:



Pinturas y recubrimientos poliméricos

Los plásticos tienen un importante campo de aplicación en los recubrimientos superficiales de todo tipo de sustrato: tejido, papel, cuero, madera, yeso, cemento, etc. Los revestimientos en capa delgada se conocen como barnices, pinturas, lacas y esmaltes. Hasta el siglo pasado, su acción se basaba en aceites y resinas naturales con disolventes orgánicos que al evaporarse sobre la superficie del sustrato, originan una película superficial adherida a la misma.

Actualmente se utilizan resinas sintéticas y se trata de reducir en lo posible la presencia de disolventes orgánicos sustituyéndolas por agua.

El revestimiento puede ser con fines estéticos y al mismo tiempo protege de la corrosión por la humedad. Para conseguir estos objetivos deben tener una buena adherencia al soporte y las propiedades mecánicas y químicas que los hagan resistentes al roce, a la luz, a las radiaciones ultravioleta y a la contaminación atmosférica.

Como medio de protección, las películas deben ser suficientemente impermeables a la difusión de gases y vapores, disponiendo de gran capacidad de cohesión molecular.

Designados con el nombre de nuevos materiales en pintura artística, tenemos como aglutinantes para pigmentos: silicato de etilo, piroxilina, acetato de vinilo, resinas acrílicas y emulsiones acrílicas, las cuales se comentarán en la parte correspondiente a las aplicaciones en las técnicas pictóricas.

Para satisfacer estas exigencias debe recurrirse a una mezcla de componentes diferentes, según los casos particulares de aplicación.

Los principales componentes son:

- *Ligantes o agentes filmógenos* (aglutinantes). Son aceites no saturados, resinas naturales, artificiales o sintéticas que se adhieren y recubren el sustrato, formando películas continuas, bien por reacciones de polimerización o reticulación, bien por unión de micelas dispersas o bien por precipitación de material polimérico disperso.
- *Cargas y pigmentos*. Generalmente son sustancias inorgánicas que vuelven más económico el producto y dan cuerpo, absorben las radiaciones ultravioleta y protegen a la película de material orgánico de la fotodegradación. El óxido de zinc y el óxido de titanio son los más usados. Proporcionan más duración, pero realmente no lo protegen.
- *Plastificantes*. Dan elasticidad a la película polimérica, evitando que se agriete cuando se deforma.
- *Disolventes y diluyentes*. Son compuestos orgánicos como alcoholes, cetonas, hidrocarburos y agua. Son los componentes principales de la fase líquida; medio o vehículo que se evapora después de la aplicación. Los diluyentes carecen de poder de disolución y se usan junto con los disolventes para controlar la viscosidad de la mezcla.
- *Espesantes*. Proporcionan mayor consistencia y mejores características reológicas a las pinturas, evitan

la sedimentación de los pigmentos y proporcionan un mayor espesor de la película en la aplicación. Como ejemplo se utilizan derivados de la celulosa, polímeros acrílicos solubles en agua, alcohol polivinílico, caseína y polisacáridos naturales.

- *Aditivos*. Son agentes surfactantes, tixotrópicos, catalizadores de curado, fungicidas, espumantes, etcétera.

El proceso de preparación de una pintura es relativamente simple, puesto que implica métodos físicos únicamente. En términos generales, el proceso consiste en pesar, mezclar y moler los ingredientes sólidos, disolviéndolos o dispersándolos en el vehículo o medio líquido, a la vez que se añaden los aditivos. Antes de expedir a granel o envasar la pintura se pasa por un filtro o tamiz. Aunque las pinturas acrílicas, vinílicas, etc. no son tan sencillas de elaborar.

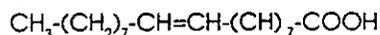
Pinturas al aceite

Antes de la Segunda Guerra Mundial, la mayor parte de las pinturas estaban basadas en aceites vegetales, derivados de las semillas, aceites fijos o no volátiles; en oposición a los aceites esenciales, aromáticos o volátiles obtenidos de tallos y hojas.

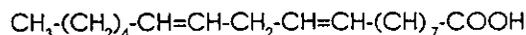
Las características filmógenas de los aceites se deben a la reactividad de los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados que forman las moléculas de los esteres triglicéridos que constituyen sus componentes mayoritarios. En presencia de aire se oxidan y polimerizan, adquiriendo una gran consistencia; se dice que secan, así que se les llama aceites secantes.

Los ácidos grasos presentes en casi todos los aceites son los de 18 átomos de carbono:

oleico



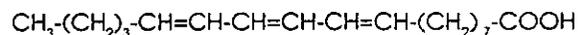
linoleico



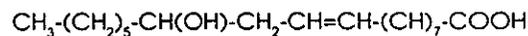
linolénico



óleo esteárico



rinoleico



La composición típica de los aceites usados en la elaboración de pinturas son:



% de ácidos grasos						
Aceite	Saturados	Oleico	Linoleico	Linolénico	Otros	Índice de yodo
ricino	3	3	4	0	90	85
linaza	11	21	18	50	—	180
grasol	12	26	62	0	—	155

El índice de yodo es la medida de la reactividad o poder secante de los aceites, yodo adicionado a los dobles enlaces expresado en gramos de yodo/100g de aceite. Para que un aceite sea secante debe tener un índice de yodo mayor de 50.

La ventaja de estas pinturas es su flexibilidad, que les permite soportar, relativamente, grandes movimientos del sustrato. Por ello son especialmente indicadas para la pintura en llenzos y madera.

Como ejemplo de este tipo de pinturas tenemos las de óleo, que consisten en dispersiones de partículas de pigmento en aceite de linaza. Además de estos dos componente básicos también se le adicionan otras sustancias, como son: secativos, para que las pinturas elaboradas tengan un rango común de secado; extensores, son sustancias que dan cuerpo a la pintura.

Soluciones oleoresinosas

Se denomina así a las soluciones (pinturas) fabricadas por calentamiento de aceites y resinas que pueden ser naturales o sintéticas, hasta que se alcanza determinada viscosidad; posteriormente se diluye la masa resultante con disolventes orgánicos.

Entre las resinas naturales más utilizadas está la de pino y entre las resinas artificiales se encuentra la nitrocelulosa, las resinas fenólicas y epoxi.

Como aceites pueden usarse todos los que tienen un índice de yodo de 120 o superior.

Los disolventes usados son destilados del petróleo como naftas y queroseno. Además de los componentes principales, llevan una serie de aditivos, como cal, óxido de zinc y estearato de aluminio para mejorar las propiedades de las películas.

Se recomienda este tipo de soluciones para la elaboración de barnices, esmaltes, pinturas de aluminio, pinturas de pavimento, equipo marino y tintas de impresión.

La llamada barniceta para óleo es en realidad una mezcla de resina damar, aceite de linaza y aguarrás purificado. Dicho medio favorece la aplicación del óleo en capas, ya que facilita su manipulación y secado.

Pinturas alquídicas

Las características cubrientes de las películas originadas durante el secado pueden mejorarse

aumentando el tamaño de sus moléculas, mediante sucesivas reacciones de alcoholosis; con alcoholes polivalentes que dejan libre numerosos grupos OH (hidróxilo) y posteriormente esterificación, de estos con ácidos o anhídridos dicarbóxicos, como el ftálico y acético. Las resinas resultantes que reticulan, como los aceites por secado al aire, reciben el nombre de resinas alquídicas. Cuanto menos aceite contienen, su secado es más rápido. Las resinas alquídicas de alto contenido de aceite se usan como componentes de las tintas de imprenta. Las resinas de poco contenido de aceite se utilizan para esmaltes de carrocería y otros productos metálicos que deben ser aplicados con pistola y secados al horno.

Las resinas alquídicas pueden ser modificadas mediante la adición de un aceite como el de linaza, resultando una combinación semisintética; tienen la propiedad de secar con gran rapidez, mayor que las pinturas de óleo, poseen, además, la ventaja de ser insolubles, propiedad que les permite ser utilizadas como aglutinantes de pinturas al óleo. Cuando seca forman una película dura, elástica y estable.

Pinturas con base de resinas termoestables

Se agrupan en este apartado los revestimientos con base en resinas termoestables que polimerizan en la propia película después de la aplicación de dos componentes mezclados antes o bien en la forma de único producto o componente, en cuyo caso la

reacción de polimerización debe estar inhibida para que se produzca durante su almacenamiento. El curado de la reacción puede tener lugar en las condiciones ambientales, en el primer caso, o a alta temperatura, mediante radiaciones por efecto de luz o humedad.

A medida que transcurre el tiempo, la resina seca y endurece, en realidad este secado es un fenómeno químico complejo de polimerización que se denomina "curado"; como ejemplo tenemos las resinas epoxina y poliuretanos.

Pinturas acrílicas en solución

Este tipo de pinturas, como el poliacrilato y metacrilato de metilo, tienen una gran resistencia a los agentes atmosféricos, en comparación con otros polímeros.

Se fabrican polimerizando el monómero en el disolvente a elevadas temperaturas y presión. Su aplicación es casi exclusivamente industrial. Se utilizan mucho en la industria automotriz. Por su elevado precio, las soluciones acuosas de polímeros acrílicos son menos utilizadas, como ejemplo pueden citarse, el cloruro de polivinilo y acetato de vinilo.

Pinturas en emulsión

Son resinas sólidas (solvatadas) en medio acuoso. En algunos casos se les llama látex (copolímeros del butadieno).

Estas pinturas son dispersiones acuosas heterogéneas de partículas de polímero muy pequeño, generalmente termoplástico, altamente solvatadas y protegidas mediante espesantes y aditivos con fin de proporcionarles suficiente estabilidad química "y a la coagulación".

La composición monomérica tiene una influencia directa sobre la plasticidad de la película formada (lo que afecta el grado de retención de la suciedad posterior) sobre la extensibilidad del polímero y sobre la absorción de la humedad.

Las más utilizadas son:

- Acetato de vinilo
- Acetato de vinilo con monómeros flexibilizantes, por ejemplo, propionato de vinilo.
- Acetato de vinilo copolimerizado con maleato de fumarato
- Acetato de vinilo copolimerizado con acrilatos
- Acetato de vinilo copolimerizado con etileno
- Estireno con un plastificante externo
- Estireno copolimerizado con butadieno
- Estireno copolimerizado con acrilatos
- Metacrilato de metilo con otros acrilatos

El acetato de vinilo, el estireno y el metacrilato de metilo se consideran polímeros endurecedores y deben ser flexibilizados con agentes plastificantes o por copolimerización. Los esteres vinílicos, las olefinas, los acrilatos, maleatos y fumaratos actúan como plastificantes. El acetato de vinilo tiene como

desventaja su saponificación y su poca resistencia al agua; sin embargo, puede ser fácilmente plastificado y tiene buena resistencia al envejecimiento.

La fase acuosa o medio continuo en el que se dispersan las películas de polímero pueden contener, además de agua, coloides protectores, agentes emulsificantes, iniciadores, tampones y agentes de transferencia de cadena.

El alcohol polivinílico se usa mucho como coloide protector (4 a 10% en peso del monómero) y proporcionan emulsiones con buena adhesión.

Otros coloides utilizados son la hidroxietil celulosa y la goma arábiga. Adicionalmente se utilizan emulsificantes no iónicos o iónicos (principalmente amónicos)

Las partículas de la emulsión son generalmente esféricas con partículas inferiores a 1 μ m; el tamaño de la partícula tiene un papel importante en las propiedades de la emulsión: brillo, viscosidad, tiempo de aplicación, estabilidad a bajas temperaturas y capacidad de ligar pigmentos.

Este tipo de pinturas se denomina acrílicos; son difíciles de preparar, pues requieren los pigmentos de una correcta molienda y plastificación; asimismo, de la adición de cantidades precisas de agentes secantes y de relleno para cada pigmento. Por ello su elaboración se deja en manos de los fabricantes.

Mecanismo de formación de la película

Cuando los agentes formadores de película son resinas en disolución (con disolvente o con agua), el proceso previo a la formación de la película es simplemente la evaporación del disolvente, formándose ésta por cohesión molecular, aunque después puedan tener lugar las reacciones químicas de reticulación a mayores temperaturas en horno o estufa.

El mecanismo de la formación de la película es un mecanismo complejo, implica pérdida de agua hacia la atmósfera o hacia un sustrato poroso junto con la cohesión de las partículas de la resina. La fuerza que produce la cohesión de las resinas es debida a una acción conjunta entre fuerzas de tensión superficial y de capilaridad. Existe una temperatura crítica por debajo de la que no se produce la cohesión y, por lo tanto, la formación de la película. Su valor puede disminuirse mediante la adición de plastificantes.

Cuando una emulsión seca por evaporación de agua, el agua se difunde desde la base hasta la superficie de la película. Esto crea un gradiente de concentración y hace que la polimerización se produzca primero en la superficie. La velocidad de difusión es mayor que la velocidad de evaporación y se forma una corteza que se llama el resto de la emulsión. El aumento de la temperatura normalmente acelera este efecto. En las películas pigmentadas sigue el mecanismo normal de formación de película,

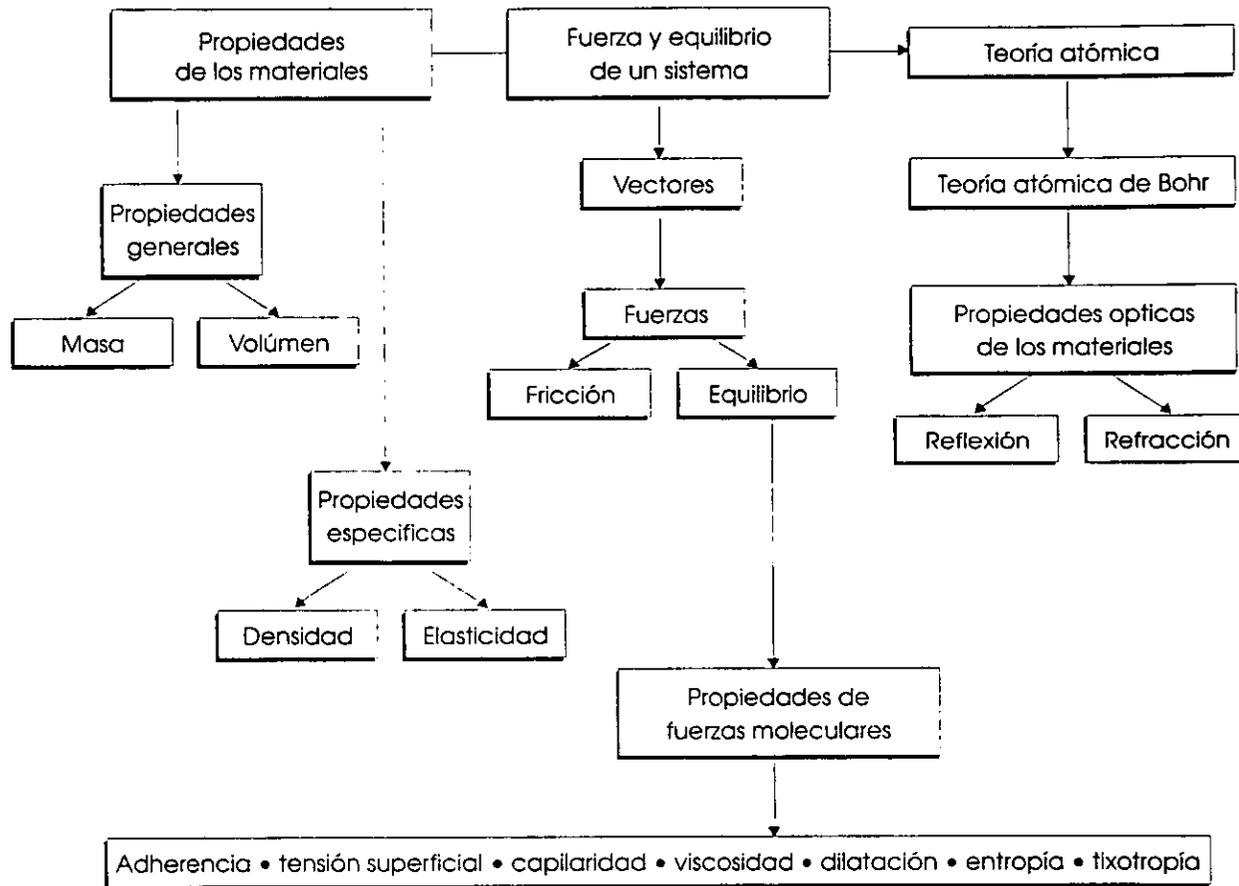
siempre que no supere la concentración crítica de pigmento.

Las emulsiones acuosas son usadas en la fabricación de tintas de impresión.

II. PROCESOS FÍSICOS EN LA PINTURA



Mapa conceptual de los procesos físicos en la pintura



II. PROCESOS FÍSICOS EN LA PINTURA

Nociones generales

Al igual que la química, la física está presente también en la práctica pictórica, en los fenómenos que tienen lugar cuando se utiliza una técnica específica.

Relación de la pintura con la física

La relación se da en tres direcciones:

1a. En la aplicación de alguna técnica específica en la resolución de una obra; ejemplo: dibujo, óleo, temple, acrílico, encáustica, acuarela, etc., siempre tienen lugar procesos físicos que deben tomarse en cuenta para una correcta aplicación y un mayor conocimiento del oficio.

2a. En la restauración de la obra artística se incluyen todos los medios físicos que se requieren, con el fin de rehabilitar las obras dañadas o deterioradas.

3a. En la autentificación de la obra, porque incluye aquellos procedimientos físicos, sobre todo el análisis con radiación electromagnética, utilizado con el fin de descubrir posibles falsificaciones.

Todos los aspectos señalados anteriormente requieren de algunos conocimientos de física que sin duda resultarán de valor para el pintor.

A continuación se desarrollan algunos conceptos básicos de la física que tienen vínculos en las artes plásticas.

Propiedades físicas de los materiales

La materia tal como se nos presenta -en sus tres estados de agregación molecular: sólido, líquido y gaseoso- posee propiedades que pueden ser de dos tipos diferentes: propiedades generales y propiedades específicas.

Propiedades generales. Son aquellas propiedades que posee toda la materia: masa y volumen. La masa es la cantidad de materia que posee un cuerpo; se mide en gramos, libras, etc. El volumen es el espacio que ocupa un cuerpo y se mide en litros, metros cúbicos, galones, etcétera.

Propiedades específicas. Son propiedades características de cada sustancia en particular, porque poseen diferente valor según la clase de sustancia; como ejemplo tenemos a la densidad, el módulo de elasticidad, la viscosidad, el índice de refracción y

muchas más. Aquí estudiaremos algunas que son de interés para la pintura.

Densidad

Se llama densidad a la masa en gramos contenida en un centímetro cúbico de material, es decir, un centímetro cúbico de materiales diferentes; también poseen masas diferentes. Así, por ejemplo, 1cm³ de agua tiene 1g y esta relación es característica de ella.

Operacionalmente, la densidad de cualquier sustancia se obtiene dividiendo la masa entre el volumen que ocupa. La expresión algebraica siguiente permite el cálculo de la densidad:

$$D = M / V \quad \text{donde:} \quad \begin{array}{l} D: \text{densidad (g/cm}^3\text{)} \\ M: \text{masa (g)} \\ V: \text{volumen (cm}^3\text{)} \end{array}$$

La densidad nos sirve, entre otras cosas, para ver el grado de pureza de un material; viene reportada en tablas de densidad para diversos materiales. Así, por ejemplo, consultando este tipo de tablas sabemos que la densidad del oro es de 17.85 g/cm³. Si se nos presenta un supuesto material como oro, puede verificarse su autenticidad calculando el valor de la densidad (midiendo masa y volumen) y si se aleja del valor de 17.85 g/cm³, entonces se trata, evidentemente, de otro material.

En el campo de la pintura al óleo, la absorción de aceite se define como la mínima cantidad que puede

mezclarse con 100 gramos de pigmento, para que resulte una pasta uniforme y manejable. Los factores que determinan la absorción del aceite son del tamaño y la forma de las partículas de pigmento y, además, su densidad. Los pigmentos de menor densidad, por lo general, requieren de más aceite de linaza que los de mayor densidad. Además, los pigmentos de menor densidad son más difíciles de humectar. Para conocer la densidad de los diferentes pigmentos no se requiere de equipo de laboratorio, basta con consultar una tabla de densidades, pues éstas ya se conocen y vienen reportadas en los libros de constantes físicas.

Elasticidad

Cuando actúa una fuerza sobre un material, lo deforma, y cuando cesa la fuerza, vuelve a recuperar su forma; se dice entonces que el cuerpo es elástico. Todos los materiales poseen esta propiedad, aunque unos son más elásticos que otros. La ley de Hooke relaciona los alargamientos o deformaciones con las fuerzas que los producen; las deformaciones son proporcionales a las fuerzas: esto quiere decir que, a mayor fuerza, mayor será la deformación hasta que se rompa o cuando sobrepase el límite elástico y el material se deforme permanentemente y no pueda recobrar su forma original.

Una de las razones de pintar graso sobre magro, en la pintura al óleo, es la elasticidad. Si las capas superiores de pintura son menos elásticas que las

inferiores, entonces la pintura se resquebraja y se desprende, por lo tanto, las capas superiores siempre deben ser más elásticas que las inferiores. Esto se debe a que el soporte no es rígido, sino que presenta un comportamiento dinámico, caracterizado por movimientos de la trama y urdimbre ocasionados por variaciones térmicas y absorción de humedad del medio ambiente, de forma tal que las diversas capas de pintura también participan de estos movimientos; entonces, las capas grasas son siempre más elásticas que las magras.

Propiedades debidas a fuerzas moleculares

La cohesión es la fuerza de atracción entre las moléculas de un cuerpo; es grande en los sólidos, es menor en los líquidos y casi nula en los gases. Las fuerzas de cohesión dan lugar a la adherencia, la tensión superficial y la capilaridad entre otras.

Adherencia

La adherencia es la fuerza de atracción que se manifiesta entre las moléculas de las superficies de contacto entre dos cuerpos. Por efecto de estas fuerzas se pega la tinta a la pluma, al papel, el gis al pizarrón, etc. La adherencia puede aumentarse mojando las superficies y ejerciendo luego una presión para juntarlas.

Un líquido mojará un sólido cuando las fuerzas

adhesivas entre ambos, sean mayores que la fuerza cohesiva del líquido. Las fuerzas cohesivas son las que unen entre sí a las moléculas de un mismo material. Un líquido no mojará, es decir, no se adherirá cuando las fuerzas adhesivas sean menores que las cohesivas. Como ejemplo, tenemos al mercurio y el vidrio o el mercurio y el hierro.

Tensión superficial

Pensemos en líquido, por ejemplo, agua contenida en un vaso, las moléculas de la superficie están siendo jaladas por las que están debajo, debido a las fuerzas de cohesión; sin embargo, encima de la superficie hay aire y éste no jala con suficiente fuerza; este desbalance de fuerzas origina que la superficie de un líquido esté tensionada y se comporte como si fuera una membrana elástica. La tensión superficial es la fuerza que actúa tangencialmente en la superficie de un líquido por unidad de longitud.

La tensión superficial es la misma en todos sentidos y direcciones de la membrana; su valor sólo depende de la naturaleza del líquido. Es por ello que una aguja flota en la superficie del agua; no obstante, tiene mayor densidad que ésta, por ello, la membrana superficial evita que se hunda.

Existen sustancias que disminuyen la tensión superficial, como los jabones y detergentes, se les llama surfactantes y son capaces de romper la membrana superficial.

La realización de un cuadro resulta de la interacción de la pintura con el fondo, dependiendo de la técnica que se utilice.

El fondo posee generalmente poros o capilares en los cuales penetra la pintura fijándose así por capilaridad, pero además existe otro mecanismo para la formación de un sistema estable que es la adherencia, es decir, por atracciones de moléculas de origen eléctrico entre las moléculas del fondo y las de la pintura.

Existe también una fuerza contraria que tiende a desestabilizar el sistema y es una fuerza de cohesión molecular, en la cual las partículas de pintura tienden a juntarse, debilitando de esta manera a las fuerzas de capilaridad y adhesión.

Para solucionar este problema el pintor utiliza en la preparación de sus pinturas agentes tesoactivos o humectantes que disminuyen la tensión superficial. Por ejemplo, en la preparación de la acuarela se utiliza hiel de buey.

Capilaridad

La capilaridad es el fenómeno de adherencia que consiste en la ascensión de un líquido en tubos de diámetro muy pequeño o tubos capilares. La altura alcanzada por el líquido será mayor cuanto menor sea el diámetro del tubo capilar y mayor la adherencia entre el líquido y el material del tubo capilar. Por capilaridad absorbe el papel secante la tinta, un trapo

se impregna de agua así como la ascensión de la savia en las plantas.

Viscosidad

La viscosidad puede definirse como la resistencia que opone un líquido al fluir. Así, por ejemplo, la miel fluye más lentamente que el agua y diferente a la glicerina.

La viscosidad es un factor en la aplicación de las diferentes capas de pintura. Todas las pinturas poseen cierto grado de viscosidad por lo que hace posible aplicarlas con pincel o brocha sobre el fondo.

Si tuvieran poca viscosidad resbalarían y si fuera mucha su viscosidad sería imposible aplicarlas, pues las capas no fluirían.

Tixotropía

En algunos líquidos su viscosidad no es constante, sino que puede variar, por ejemplo, con la agitación mecánica. En estos casos se dice que los líquidos presentan tixotropía. Este fenómeno se presenta en algunas suspensiones de polímeros.

En el caso de las pinturas, éstas deben ser viscosas; de no ser así, escurrirían en superficies verticales. Por otra parte, la viscosidad no debe ser tan alta que impida ser aplicada con la brocha o pincel. La pintura debe ser lo suficientemente suave para la brocha y debe extenderse antes de que seque. Las propiedades pueden alcanzar su equilibrio correcto si se trata de

pinturas tixotrópicas, ya que poseen alta viscosidad en el bote, sosteniendo así al pigmento disperso uniformemente; sin embargo, esta alta viscosidad disminuirá bajo la acción de un trabajo mecánico con la brocha o con la agitación.

Dilatación térmica

Los cambios de temperatura afectan el tamaño de los cuerpos, pues la mayoría se dilata al calentarse y se contrae al enfriarse. Cuando las moléculas de un sólido se calientan, se alejan unas de otras y el material se expande, es decir, se dilata. No todos los materiales se dilatan igual en iguales cambios de temperatura, por lo que existe el coeficiente de dilatación térmica que nos mide esta relación.

Todos los materiales artísticos están sujetos a dilataciones y contracciones que ocurren con los cambios térmicos; por ello, las capas de pintura deben ser lo suficientemente elásticas, pues de lo contrario se resquebrajarán y luego se desprenderán.

Entropía

La entropía es una propiedad que mide el grado de desorden molecular que posee un sistema. Los procesos naturales ocurren en una dirección tal que tienden a aumentar su entropía, es decir, el desorden, a menos que se gaste energía y se evite el desorden.

Todas las cosas tienden al estado de desorden.

Así, por ejemplo, los diferentes materiales que componen una obra pictórica también tienden hacia ese estado de caos; por ello se deterioran con el tiempo y envejecen completando así su ciclo.

Esta tendencia natural al desorden molecular puede, sin embargo, retrasarse aplicando algunas medidas correctivas propias del restaurador.

Cambios de estado

Como se vio con anterioridad, la materia puede presentarse en cualquiera de los tres estados: sólido, líquido o gaseoso, dependiendo de la temperatura a la que encuentra; así, si el agua está por debajo de 0°C, entonces está en estado sólido (hielo); si el agua está a 20°C, se encuentra en estado líquido, y a mayores temperaturas se encuentra en estado de vapor; de hecho, el agua puede coexistir simultáneamente en los tres estados.

El cambio de estado sólido al líquido se denomina fusión. El cambio de sólido a gas sin pasar por líquido es sublimación. El cambio del gas al líquido se llama condensación. El cambio del líquido al sólido, solidificación. Estos cambios, como se mencionó, dependen de la temperatura a la que se encuentran las sustancias.

En el caso de la pintura a la encáustica se utilizan alternativamente la fusión y la solidificación. Al mezclarse la cera y el copal se funden por medio del calor; luego se le adiciona pigmento y se le aplica

sobre un soporte rígido; entonces, conforme desciende la temperatura, la mezcla solidifica y endurece. La protección y estabilidad que se logra es de alta calidad.

Humedad

Cuando las moléculas de agua se escapan por evaporación, se mezclan con las moléculas de aire. Si el espacio sobre la superficie del líquido está cerrado (como ocurre en un recinto: sala de galería o museo), la mezcla no puede escapar; bajo estas circunstancias, el agua continuará evaporándose hasta que se sature el aire, esto es, hasta un punto que no pueda contener más moléculas de agua. Cuando se alcanza este punto, se establece un equilibrio dinámico, puesto que el número de moléculas que se escapan es igual al número de moléculas de vapor que regresan al líquido. La cantidad máxima de vapor de agua que el aire puede contener depende de la temperatura. La atmósfera que podemos llamar aire libre no siempre está saturada de vapor; si no contiene vapor de agua, decimos que es aire seco; si contiene vapor de agua, es aire húmedo. La cantidad de vapor de agua presente en 1m³ de aire se llama humedad absoluta y es una medida de la humedad del aire.

Otra forma de medir la humedad es utilizar el concepto de humedad relativa y que es la relación entre la cantidad de vapor de agua requerido para saturar el mismo volumen de aire a la misma temperatura. Si el aire está saturada con vapor de

agua, se enfría a una temperatura más baja y parte de dicho vapor puede condensarse y regresar al estado líquido. Éstas son las condiciones bajo las cuales se firman las gotas de lluvia y de niebla.

Toda obra pictórica expuesta se encuentra sujeta a la absorción de humedad del ambiente, ocasionando que las fibras que forman el lienzo se dilaten y se contraigan; esta humedad proviene de la evaporación del agua, penetra hasta el interior de las fibras condensándose ahí o bien en la superficie de la capa pictórica. Sobre este proceso, la única protección que puede proporcionar el pintor es una adecuada aplicación de la técnica para que las capas de pintura sean lo suficientemente elásticas para resistir estos movimientos.

Fuerzas y equilibrio de sistemas

El equilibrio de sistemas físicos bajo la acción de fuerzas que actúan sobre él es estudiado por la estática. Conceptos fundamentales para esta ciencia son: vector, fuerza y equilibrio.

Fuerza y vectores

Se llama fuerza a todo aquello que tiende a alterar la forma de un cuerpo o bien su estado de reposo o movimiento. A las fuerzas se les representa por medio de vectores. Un vector es una entidad que tiene magnitud y dirección; se le representa gráficamente por medio de una flecha. La dirección es el ángulo de

inclinación (que se mide en grados) en el que está actuando el vector, la magnitud es el tamaño o longitud de la flecha.

Equilibrio

En estática se dice que un cuerpo está en equilibrio si permanece en reposo y la suma de fuerzas es igual a cero. Pensemos en dos muchachos tirando de una soga en sentido contrario, si ambos aplican la misma fuerza y la soga permanece en equilibrio, es decir, no se mueve en ninguna dirección, entonces la suma de fuerzas es cero.

Toda obra pictórica está en un permanente estado de equilibrio dinámico debido a las diferentes fuerzas externas que actúan sobre ella; cuando una fuerza es lo suficientemente grande, rompe con el estado de equilibrio y la obra sufre deterioro.

Estas fuerzas pueden ser causadas por variaciones térmicas, absorción de humedad o por acción de contaminantes atmosféricos que terminan por debilitar los enlaces moleculares que conforman los materiales.

Fricción

Siempre que interaccionan dos cuerpos existe una fricción entre sus superficies; se debe a que dichas superficies no son regulares, sino que presentan irregularidades, aunque tengan una superficie muy lisa o pulimentada a simple vista; sin embargo, vista por

medio de un microscopio, es completamente irregular.

En artes plásticas esta propiedad es muy importante, porque hace que podamos dibujar y pintar, ya que el material usado, lápiz, pastel, óleo, acrílico, acuarela, etc., se deposita gracias a los intersticios del soporte. Cuando un soporte rígido es muy liso, es conveniente darle "un diente", lijándolo, con objeto de que la pintura pueda penetrar en las hendiduras.

Teoría atómica

Uno de los aspectos físicos con el que más trabaja el artista plástico es el correspondiente a la luz. Por esto, aquí se presentará su origen e interacción con otros materiales, dando lugar a los fenómenos de reflexión, refracción y dispersión. El origen de la luz se encuentra en el átomo; ello se verá en la teoría atómica de Bohr, que si bien no es la teoría más actual acerca de la estructura del átomo, sí explica adecuadamente el origen de la luz.

Modelo atómico de Bohr

El átomo es un sistema eléctrico; posee carga positiva y negativa en la misma cantidad, por lo cual su conjunto es neutro. La carga positiva es portada por partículas llamadas protones y la carga negativa por los electrones. Los electrones son partículas muy ligeras comparadas con los protones, por lo cual pueden moverse libremente y con mucha facilidad de un lugar

a otro. Toda la carga positiva está concentrada en una región central llamada núcleo atómico y los electrones están acomodados alrededor del núcleo. Bohr postuló su modelo estudiando las propiedades de la luz y para el átomo de hidrógeno (sistema de un protón y un electrón) llegó a las siguientes conclusiones:

- Los electrones, al girar alrededor del núcleo, lo hacen sólo en ciertas órbitas o niveles de energía definidos.
- Mientras los electrones giren en un nivel de energía, no irradian ningún tipo de energía.
- Cuando un electrón absorbe algún tipo de energía, puede saltar a otro nivel más energético, pero al liberar esa energía, desciende a otro nivel de menor energía, emitiendo ésta en forma de luz.

Entonces se ve que la luz se origina por salto de electrones de un nivel de mayor energía a otro de menor; ahora, la luz se emite en cantidades definidas o por paquetes llamados fotones. Así, el espectro visible que contiene los colores rojo, naranja, amarillo, verde, azul, violeta son originados por el salto de electrones de órbitas externas a la número dos, correspondiendo cada color a un salto específico. Estos saltos que ocurren con los electrones no sólo en el hidrógeno, sino también en los restantes átomos (alrededor de 105), producen fotones que no alcanzan a ser detectados por el ojo humano y se sitúan en la zona del infrarrojo o del ultravioleta.

Estudio de la luz y de pigmentos

La adecuada comprensión del fenómeno luminoso resulta de primordial importancia para el artista plástico. El pintor, particularmente, juega continuamente con las superficies reflectantes de los soportes, las texturas y las diferentes composiciones cromáticas que dan sustento a la obra creada.

Ondas electromagnéticas

Cuando se hacen oscilar cargas eléctricas, como en una antena de una estación trasmisora de radio, el resultado es que se producen ondas electromagnéticas, que, como su nombre lo indica, consisten de campos eléctricos y magnéticos combinados que se propagan en el vacío a una velocidad de 300 mil kilómetros por segundo, la más alta velocidad alcanzada en el universo. En el vacío, todas las ondas electromagnéticas se mueven en la misma velocidad y solamente difieren unas de otras en su frecuencia y longitud de onda.

La radiación electromagnética se produce cuando cargas eléctricas se ponen a oscilar. La radiación electromagnética forma un espectro continuo de ondas que se extienden desde las ondas de radio hasta los rayos gamma. Cada sección del espectro puede ser utilizada para diferentes fines; todas las ondas son de la misma naturaleza y sólo difieren en frecuencia y longitud de onda. La frecuencia es el número de ondas que pasa por un punto determinado

en un segundo y la longitud de onda es la distancia entre cresta y cresta de un frente de ondas. A mayor longitud de onda menor es la frecuencia y energía que porta la onda. A menor longitud de onda mayor es la frecuencia y energía que porta la onda. Estas ondas viajan a 300 mil kilómetros por segundo en el vacío, pero cuando llegan obstáculos se reflejan y refractan como la luz. La clasificación de las ondas electromagnéticas, de acuerdo con su frecuencia, constituye el llamado espectro electromagnético. La luz corresponde a una sección muy pequeña, menos del 1% de este espectro electromagnético. Es decir, la luz está constituida por ondas electromagnéticas que al ser recibidas por el ojo, se detectan por el nervio óptico para llegar al cerebro y ser interpretadas por éste. La luz viaja en línea recta y solamente se desvía de su trayectoria cuando penetra en materiales transparentes, como vidrio o mica.

El color

Los colores que vemos dependen de la frecuencia de la luz visible. La frecuencia es el número de ondas que pasan en un segundo; la frecuencia más baja detectada por el ojo humano es el color rojo y la más alta es el violeta. Entre estos colores se extiende un número infinito de matices que constituye el espectro de colores del arco iris. Por convención, estos colores se agrupan en siete: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, índigo y violeta; la combinación de todos estos colores se manifiesta como blanco. La luz blanca del

sol es una combinación de todas las ondas electromagnéticas con frecuencias dentro de lo visible.

Con excepción de fuentes de luz, como las lámparas, la mayoría de los objetos en el ambiente reflejan la luz en lugar de emitirla; por lo general, un material absorberá algunas frecuencias de luz y reflejará el resto; así, una flor amarilla absorbe todas las frecuencias y solamente refleja el amarillo que es el color que percibimos. Si el material refleja todas las frecuencias de luz, entonces lo vemos como blanco; si por el contrario absorbe toda la luz que lo ilumina, no refleja nada y se ve negro. Los colores reflejados por la mayoría de los objetos no son puros, es decir, de frecuencia única, sino que se componen de una gama amplia de frecuencias.

Un objeto sólo puede reflejar frecuencias que estén presentes en la luz de iluminación; por consiguiente, la apariencia de un objeto coloreado depende de la luz que lo esté iluminando.

Así, la flama de la vela es amarillenta, ya que es deficiente en azules; una lámpara incandescente emite luz que es más rica en frecuencias bajas, realizando así los rojos. Las lámparas fluorescentes son más ricas en frecuencias más altas, de modo que los azules se realizan. Con varias clases de iluminación es difícil decir cuál es el color verdadero de los objetos.

Mezcla de luces

La luz blanca es la combinación de todas las frecuencias visible; este hecho se demuestra al hacer

pasar la luz solar por medio de un prisma y observar el espectro de colores del arco iris.

Cuando proyectamos las luces roja, verde y azul sobre una planilla blanca, las partes superpuestas producen diferentes colores. La mezcla de estos colores es una mezcla aditiva, porque los colores se suman. Al rojo, verde y el azul se les denomina colores aditivos primarios de la luz.

Mezcla de pigmentos

Todo pintor sabe que al mezclar pintura roja, verde y azul el resultado no será el blanco, sino un café lodoso. La pintura roja y verde, al combinarse, no forman el amarillo, como lo hacen los colores aditivos de la luz. La mezcla de pinturas es un proceso enteramente diferente a la mezcla de luces de colores. La pintura se compone de pigmentos que son partículas sólidas diminutas que producen sus colores característicos mediante los procesos de absorción selectiva o transmisión selectiva de frecuencias. Cuando los pigmentos rojos y verdes se combinan, cada color en la luz blanca que los ilumina se absorbe y la mezcla es negra, en la práctica, la absorción es menor del 100%, por eso, la mezcla parece más café que negra. Los tres colores sustractivos primarios son el rojo, el azul y el amarillo; a partir de ellos, mezclándolos en cantidades convenientes, se pueden obtener todos los demás colores.

Reflexión de la luz

La reflexión de la luz es un proceso físico, el cual da por resultado que podamos ver los diferentes objetos y consiste en el rebote que experimenta un rayo luminoso cuando llega a un obstáculo.

Cuando la superficie es muy pulida, se produce la reflexión especular; pero cuando la superficie es áspera, la reflexión se produce en muchas direcciones y se llama difusa. La mayoría de los objetos producen reflexión difusa.

Refracción de la luz

Cuando la luz pasa de un medio a otro de diferente densidad, se desvía de su trayectoria original; esta desviación se llama refracción. Es posible medir el ángulo con el índice, el rayo luminoso sobre la superficie y el ángulo con el que se refracta. Si A es el ángulo de incidencia y B el de refracción, a la relación:

$$n = \frac{\text{sen A}}{\text{sen B}}$$

Se le llama índice de refracción, el cual es característico para cada sustancia en particular. Cada sustancia transparente posee diferente índice de refracción y cuanto más alto sea su valor, más oposición

presenta al paso de la luz y, por lo tanto, una mayor proporción del rayo puede ser reflejada.

En varias técnicas pictóricas se trabaja por medio de veladuras, es decir, por capas transparentes constituidas por un medio y pigmento. Cada capa posee diferente índice de refracción, puesto que aunque el medio es el mismo, la naturaleza química del pigmento en emulsión es diferente. Parte de la luz se refleja en la superficie que separa a las capas y parte se trasmite, refractándose; el resultado neto influye sobre la luminosidad de la obra pictórica. Esto es, las pinturas trabajadas por veladuras presentan alta luminosidad, pues son capaces de refractar y reflejar la luz simultáneamente.

Un rayo luminoso pasa a través de dos materiales transparentes o capas que poseen diferente índice de refracción; el rayo luminoso se desvía de su trayectoria original, es decir, se refracta pero también otra parte se refleja. La parte que se refleja proviene de las superficies de separación; esto da la sensación de que la luz viene de adentro y de ahí la luminosidad que presenta. El índice de refracción de algunos aceites, como el de linaza y los barnices aumenta con el tiempo, reduciendo así la luminosidad de las obras.

III. Aplicaciones en las diferentes técnicas pictóricas



III. Aplicaciones en las diferentes técnicas pictóricas

La técnica pictórica consiste en tomar en consideración los principios físico-químicos durante la elaboración de una obra, con el objeto de prolongar en lo posible la vida de ésta, de modo que pueda resistir de una mejor manera las condiciones adversas que tiendan a deteriorarlas.

Es así como el arte establece un vínculo con la ciencia, pues nos dice bajo qué condiciones se comportan los diversos materiales empleados en una obra pictórica.

En esta parte se expondrán las relaciones físico-químicas más importantes de algunos materiales, los más comunes de acuerdo con la técnica empleada. Dentro de las técnicas pictóricas tradicionales tenemos: óleo, temple, encáustica, acuarela, acrílico, pastel y fresco; sin embargo, existen otras como piroxilinas, resinas acrílicas y vinílicas, de las cuales se hablará brevemente.

Soportes y fondos

Los soportes son aquellos materiales que apartan las superficies en donde se aplicarán las diferentes capas de pintura; sin embargo, éstas superficies no pueden ser utilizadas directamente; es necesario

una imprimatura, base o fondo que sea quien reciba las diferentes capas de pintura.

Podemos considerar a una estructura compleja constituida por diversas láminas o capas, cada una de ellas tiene una función específica para conservar la estabilidad del cuadro como tal.

La primera lámina está constituida por el soporte; éste puede ser rígido o flexible. Como ejemplo de soporte rígido se tienen la madera, los aglomerados, el triplay; dentro de los flexibles están los diferentes tipos de tejidos textiles, como el lino, el de algodón en sus diferentes presentaciones: manta y diferentes clases de lonetas. En primer lugar es necesario comprender que las diferentes estructuras primarias no son estáticas y que su dinamismo depende en gran medida de condiciones externas como humedad, temperatura y acción química de gases contaminantes, como los anhídridos derivados del azufre, que con el agua del ambiente forman ácidos que actúan sobre los materiales, provocando su deterioro.

Asimismo, las fibras de que están hechos estos materiales están sujetas a expansiones y contracciones de acuerdo con la temperatura; recordemos que, por lo general, los cuerpos se dilatan cuando la temperatura se eleva y se contraen cuando disminuye, originando así un continuo movimiento que puede influir en las capas superiores de pintura, logrando algunas veces resquebrajarlas si no son tomadas las medidas adecuadas. También estas fibras absorben humedad y evaporan el agua que contienen; de esta forma

originan movimientos peligrosos para la obra pictórica en general.

La segunda lámina está constituida por una capa de cola (sisa); su función básica es aislar a las fibras del lienzo, impidiendo que la pintura penetre en ellas y las pudra, volviéndolas débiles y quebradizas

La tercera capa o estructura importante de un cuadro la constituye el fondo o imprimatura, la cual recibirá directamente las diferentes capas de pintura. Ésta cumple varias funciones:

Inmovilizar. En efecto, el fondo en general proporciona la rigidez necesaria al soporte para contrarrestar el movimiento de las fibras producido por cambios en las condiciones ambientales.

Adherir. La imprimatura se adhiere al soporte y a su vez adhiere a las capas de pintura, debido al fenómeno de adherencia y tensión superficial que se lleva a cabo a un nivel capilar en los pequeños poros de la imprimatura.

Reflejar. La imprimatura puede servir como superficie reflectante, es decir, los rayos luminosos que logran llegar a ellas son rebotados. Este efecto puede ser aprovechado por el pintor, sobre todo en aquellas técnicas, al trabajar en base o veladuras, porque puede producir al espectador el efecto de que la luz nace del interior del mismo cuadro.

Existen diversos fondos de acuerdo con el tipo de técnica pictórica que se desee utilizar. Antes de aplicar el fondo es necesario un encolado previo o sisado con el objeto de aislar el soporte. El fondo puede ir pigmentado con algún color. Esto se hace para contrarrestar la vibración de algunos colores, lo que ayuda para valorar adecuadamente por tono y cromáticamente durante la ejecución de una obra.

El fondo de cola es una proteína animal y, como tal, puede descomponerse por microorganismos, por lo que su estructura molecular puede ser fijada y evitar su descomposición con la aplicación de una solución de formol al 3 ó 4 % en agua.

El fondo de yeso o creta es adecuado para la pintura con base acuosa, como el temple.

El fondo de media creta o semióleo es adecuado para técnicas mixtas, como temple y óleo.

El fondo de aceite se emplea en la técnica de óleo.

El fondo de Mowilith (es una resina de acetato de pilivinilo) es adecuado para la técnica de acrílico.

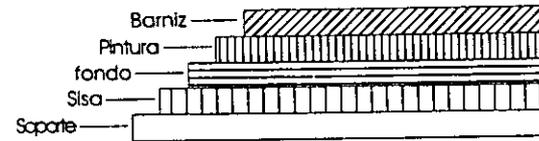
Posterior a la capa o lámina del fondo están las de pintura, de acuerdo con la técnica que se aplique.

La última lámina lo constituye el barniz, el cual cumple con dos funciones básicas:

- a) *Protectora*: prolonga la vida de la pintura, pues la protege de la luz y de los contaminantes atmosféricos.
- b) *Estética*: modifica las características ópticas de la pintura, pues hace que la superficie sea más uniforme;

además, aumenta la saturación del color. Se modifica el índice de refracción de la superficie.

Podemos resumir todo lo dicho hasta aquí mediante el siguiente diagrama que nos muestra las diferentes capas o estructuras que constituyen un cuadro.



Aplicación de principios físico-químicos en técnicas pictóricas: óleo

60

El óleo es la técnica pictórica más popular y mejor conocida. Se le puede trabajar en términos generales de dos formas diferentes; cada una de éstas produce efectos distintos:

Técnicas por veladura o transparencias.

Aquí, los efectos del color se producen por la superposición de diversas veladuras. Por medio de esta técnica, el fondo refleja la luz de tal forma que parece que ésta emerge del mismo cuadro. Esta técnica fue desarrollada con diferentes variantes por llamados pintores clásicos, a través de diferentes épocas y estilos.

Técnica de pintura directa

Esta técnica es diferente a la anterior en la aplicación de la pintura, donde ya no se aplica en capas diluidas, sino en capas densas o empastes, en los que se nota la marca del pincel. Fue creada por la corriente denominada impresionista y es quizá la más empleada por nuestros artistas contemporáneos.

Ya sea que se utilice la pintura por veladura o la pintura directa es necesario tener en cuenta la correcta aplicación de ésta. Lo primero que debemos considerar es el óleo como una dispersión mecánica de partículas de pigmento en aceite de linaza; esta mezcla es la pintura al óleo propiamente dicha.

El aceite de linaza se obtiene de la semilla de lino; así proporciona el material de soporte. Lo siguiente a considerar es que el aceite de linaza no seca por evaporación, sino por un fenómeno químico más complejo denominado polimerización oxidante. El componente principal del aceite de linaza es el ácido linolénico, el cual polimeriza con el oxígeno del aire, formando una película dura y estable de una sustancia llamada linoxina, que se forma cuando la capa de pintura ya se ha secado y endurecido. Sin embargo, es necesario comprender que un exceso de aceite de linaza tiende a amarillear la pintura, por lo que se debe limitar su uso a lo estrictamente necesario.

En tercer lugar se debe tener en cuenta que cada pigmento se aglutina en diferentes cantidades de aceite de linaza para poder hacerlo manejable. La

cantidad de aceite de linaza que puede aglutinar a un pigmento dado depende de la estructura molecular de éste. Existen pigmentos que absorben pequeñas cantidades de aceite, como el blanco de plomo y el de zinc; otros absorben grandes volúmenes de aceite, como el viridean y el azul cobalto.

Para pintar al óleo es necesario tener en cuenta estas diferencias en las cantidades de aceite que se pueden absorber y nunca aplicar una capa de pintura con bajo contenido de aceite sobre otra que contenga alta cantidad de éste; para ello hay que recordar la aplicación de la regla: "pintar graso sobre magro". Para conocer esta capacidad de absorción se emplea el llamado índice de aceite. Los pigmentos con índice por debajo de 75 son de baja absorción; de 75 a 90 son de medla y los de 90 en adelante son de alta absorción.

La regla de pintar graso sobre magro se debe a que las primeras capas deben ser más elásticas que las últimas; si no se obedece esta regla, la pintura superior puede resquebrajarse al ser menos rígida que las capas inferiores. Las capas con bajo contenido en aceite son magras y las que contienen mayor volumen de aceite son grasas. Una forma práctica de seguir esta regla es pintar pastoso sobre líquido.

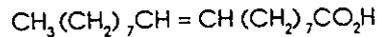
Es necesario tomar en cuenta que en el óleo puede manipularse más fácilmente un vehículo que lo adelgace y diluya; este vehículo lo constituye la barniceta; es una mezcla de aceite de linaza, resina damar y trementina. La trementina es el aguarrás o refinado al que se le quitan las impurezas.

Una vez terminada una obra al óleo es necesario secarla completamente para ser protegida por una capa de barniz, además de facilitar su limpieza. El barniz puede elaborarse con una mezcla de barniz damar y trementina.

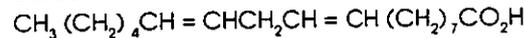
Con el óleo se puede dar una serie de efectos plásticos interesantes, como transparencias, texturas, contrastes de luces y sombras, entre otros; de ahí su enorme versatilidad. Generalmente se le trabaja de oscuro a claro, utilizando pincel o espátula.

En el óleo, el ligante o aglutinante es el aceite de linaza constituido por los llamados ácidos grasos: ácido oleico, linoleico y linolénico; éstos poseen propiedades secantes, por los enlaces covalentes dobles que poseen en su estructura molecular. Las fórmulas químicas de éstos ácidos son:

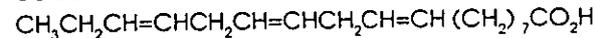
ácido oleico



ácido linoleico



ácido linolénico



Todos estos ácidos tienen 18 átomos de carbono, pero difieren en su grado de saturación (enlaces dobles); en la molécula, cada línea representa un par de electrones.

El aceite de linaza puede usarse en tres formas diferentes:

- Como aceite polimerizado o stand, el cual se polimeriza al vacío, es decir, sin presencia de aire, lo que ocasiona que aumente su viscosidad. Se le puede diluir con trementina o aguarrás para hacerlo manejable. Una vez que seca amarillea menos y forma una película más flexible; sin embargo, su secado es más lento.

- Aceite de linaza espesado al sol; estos aceites polimerizan parcialmente con oxidación, por lo que seca más rápidamente que los stand. Para polimerizarlos basta con mezclarlos con un volumen igual de agua y exponerlos durante días al sol hasta conseguir que aumente su viscosidad, luego se separa el aceite del agua y se utiliza.

Como se mencionó, ambos tratamientos aumentan la viscosidad del aceite de linaza; asimismo, se reduce el pH de los aceites y, por lo tanto, su capacidad humectante; sin embargo, aumenta su rapidez de secado y sus características protectoras de la película, por lo que los hace apropiados para utilizarse en barnices y medios para veladuras.

El tipo de aceite de linaza más frecuentemente usado por el artista se obtiene de las semillas de lino, a las que se les quitan las impurezas; posteriormente se cuece calentándolo en una atmósfera exenta de oxígeno. La temperatura de cocción es alrededor de 280°C y se

realiza en recipientes cerrados en los que se introducen gases inertes como el bióxido de carbono y nitrógeno, evitando así que se produzca cualquier oxidación. Este aceite puede combinarse con resina damar y aguarrás, para formar la barniceta, medio que facilita la manipulación de la pintura al óleo.

El aceite de linaza prensado en frío es utilizado para aglutinar colores, proporcionando una gran durabilidad y estabilidad a la pintura.

Temple

Técnicamente, un temple es una emulsión, es decir, dos sustancias inmiscibles o que no se mezclan entre sí, como el agua y el aceite. Por medio de la agitación mecánica y de una sustancia estabilizadora o emulsionante se logra conformar un sistema físico estable o emulsión, la cual puede a su vez mezclarse con diversos pigmentos y así obtener la llamada pintura al temple. Ésta ofrece características diferentes a las logradas con otras técnicas: las pinturas al temple no amarillean, son muy estables y de gran luminosidad.

Existe una diversidad de temples; sin embargo, los más comunes son: de yema de huevo, de caseína, de goma y de aceite; cada uno ofrece diferentes posibilidades y efectos. Es una técnica que requiere tener previamente bien definido el dibujo, ya que las correcciones son difíciles de realizar.

El temple de yema de huevo contiene lecitina, que es un emulsificante natural. Este temple debe trabajarse con mucha agua, porque su velocidad de secado es muy grande y, si no se hace así, se dificulta su manipulación. Se trabaja en soporte con fondo de creta por medio de transparencias. El agua contenida en la emulsión se evapora, la proteína y aceite contenidos en el huevo polimerizan, dando lugar a la formación de una película dura, muy estable y duradera.

El temple de yema de huevo tiene un aspecto liso; si se quieren utilizar empastes, entonces pueden usarse otros temples, como el de aceite o el de goma. A los temples se les puede adicionar otro tipo de componentes, como aceites y resinas. El trabajo del temple consume tiempo, por lo cual se aconseja la resolución simultánea de varias obras, ya que en lo que secan unas se avanza en otras.

Encáusticas

La encáustica es una técnica que se trabaja con una mezcla aglutinante de cera de abeja y resina que puede ser copal o damar. Este medio se mezcla con pigmentos y se aplica directamente con espátula sobre soporte rígido, aplicando diversas capas; también es posible trabajarlo por medio de veladuras. Al finalizar el trabajo se procede a un quemado; éste puede realizarse por medio de un soplete o, bien, únicamente

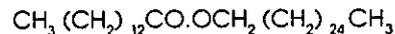
se verifica el fundido con una lámpara de rayos infrarrojos. Esto da lugar a efectos imprevistos difíciles de conseguir con otras técnicas. Las capas de cera y resina polimerizan formando una superficie dura y estable, ya que presentan una gran resistencia química a las condiciones adversas.

En la encaústica, el ligante está constituido por cera de abejas y resina. Este último componente puede ser damar o copal.

Las ceras son mezclas complejas de ésteres de ácidos grasos, alcoholes y otros hidrocarburos. Las resinas son sólidos amorfos, producto de las secreciones de árboles vivos o muertos.

Los copales son secreciones de árboles fosilizados.

La cera de abeja consiste principalmente en un compuesto llamado miristrato de cerilo y funde entre 62 y 65°C; su fórmula química es:



Dada la estructura saturada de las ceras (enlaces sencillos), químicamente son muy estables y es difícil que reaccionen a contaminantes fuertes como pueden ser ácido sulfúrico, ácido nítrico, etc. lo cual explica la gran durabilidad que proporciona a las obras pintadas con esta técnica.

Cuando la cera pasa de sólida a líquida, el proceso se llama fusión y no se verifica ningún tipo de reacción química a condición de que no se incremente

la temperatura, arriesgándose a que se quema la cera. Una vez que se enfría el sistema, la cera vuelve a solidificar. El pigmento es retenido y adherido al soporte con gran fuerza y estabilidad.

Acuarela

La acuarela es una técnica con base acuosa, cuyo aglutinante es la goma de tragacanto mezclada con miel, con el objeto de darle facilidad de aplicación. Se trabaja por medio de veladuras o transparencias, desde los colores claros a oscuros. Los blancos se obtienen a partir del blanco del papel. Cuando la capa de pintura se deposita en el papel, el agua se elimina por evaporación; el aglutinante, en este caso la goma de tragacanto, se encarga de adherir y fijar los pigmentos. Tanto la goma, que es una resina soluble en agua, como los carbohidratos que forman la miel tienden a polimerizar en capas muy delgadas. La técnica no se presta a ser trabajada por medio de empastes.

El papel en el que se trabaja la acuarela está hecho con trapo de algodón y otro tipo de fibras. Es aconsejable tensar previamente el papel antes de que se apliquen las diferentes capas de pintura aguada. Existe en el mercado una gran variedad de papeles de diferentes pesos o gramajes; es aconsejable la utilización de papeles densos con el objeto de evitar su ondulación una vez que son utilizados.

Pintura al fresco

La pintura al fresco es quizá la que ofrece mayor grado de complejidad, puesto que implica múltiples etapas, desde el diseño, la preparación del muro, la preparación de los colores hasta la aplicación de los mismos en el muro. Cada etapa debe planearse cuidadosamente, con el fin de conseguir los resultados deseados.

Preparación del muro

Éste es uno de los puntos más importantes, pues el contar con un muro adecuado garantiza la durabilidad del fresco. En primer lugar se requiere que el muro esté libre de humedad, ya que ésta afecta a la pintura. Por otra parte debe estar libre de moho u otro tipo de material orgánico; asimismo debe estar libre de salitre. Es aconsejable medir el pH del muro, lo cual puede hacerse por medio de un papel indicador. Si el muro resulta alcalino, es necesario neutralizarlo, lavando con una solución de ácido clorhídrico al 20%, luego, es necesario lavar la pared y dejarla secar completamente. Debe ser un muro de preferencia interior para que quede libre de las partículas de polvo, carbón y ácidos atmosféricos corrosivos. Además, debe estar alejado de cualquier tipo de vibración.

Es necesario despostillar los ladrillos, con el objeto de crear dientes que permitan el agarre o afianzamiento de las capas que se van a aplicar sobre él. Se deben aplicar al ladrillo por lo menos tres capas

de argamasa o mezcla. La primera capa es el repellado, la segunda es el revoque y la tercera es el enlucido.

El repellado está constituido por argamasa áspera. Esta capa debe aplicarse delgada; se aconseja no pasar los 6mm de espesor para un secado a buena velocidad, resista las contracciones y tenga una humedad uniforme. La primera capa está constituida por:

- 3 partes de grano de mármol grueso
- 1/2 parte de cemento blanco
- 1/2 parte de cal apagada
- fibra de coco

Una vez seca la capa de repellado, se puede aplicar la capa revoque, la que se recomienda de 10mm de espesor. Los componentes de esta segunda capa son:

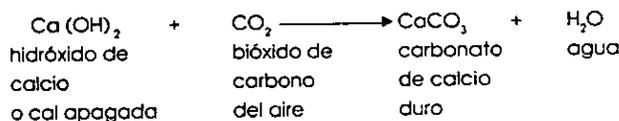
- 2 partes de arena mediana o polvo de mármol
- 1 parte de cal hidratada
- fibra de coco

Esta segunda capa debe tener una apariencia granulada. Una vez seca esta segunda capa o revoque, puede aplicarse la tercera capa o enlucido, cuyos componentes son:

- 2 partes de mármol de grano fino
- 1 parte de cal apagada

Se hace notar que esta última capa no lleva fibra. La fibra de coco de mayor resistencia a las capas de argamasa y de revoque. Después de que el muro ha sido preparado, debe tocarse hasta el día siguiente, deberá estar lo suficientemente húmedo, si se aprecia que se ha secado, debe roclarse.

Cuando se tiene ésta última capa puede colocarse el dibujo. El mural deberá ser dividido en tareas o jornadas de trabajo, de entre tres y cuatro metros cuadrados aproximadamente. Los colores se amasan con agua de cal y se aplican sobre el muro húmedo, entonces éste los absorbe y los integra. La cal apagada reacciona químicamente con el bióxido de carbono del aire, originando carbonato de calcio que es un producto duro. La reacción química completa es:



El fresco se trabaja de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. La pintura final resulta de una gran luminosidad por el fondo blanco que refleja la luz al pasar por las diferentes capas de pintura.

Pintura acrílica

El pionero de la aplicación de las resinas acrílicas a la pintura artística fue, sin duda, José L. Gutiérrez, quien

nació en 1900, en Morelos. Fue pintor e investigador en la aplicación de diversos materiales sintéticos. El uso de la pintura acrílica se generalizó entre los artistas de diferentes partes del mundo.

La pintura acrílica se prepara con base de ésteres ácidos acrílicos polimerizados. Estas pinturas tienden a conseguirse ya elaboradas en los comercios del ramo, pues los pigmentos ofrecen problemas de humectación que dificultan su dispersión en la resina acrílica. Sin embargo, es factible que algunos pintores preparen ellos mismos sus acrílicos, haciendo la dispersión del pigmento en la resina. Esto puede hacerse con pigmentos de peso específico grande y que por esto fácilmente humectables en agua. La consistencia de la pintura acrílica es cremosa, se puede adelgazar con agua.

Se trabaja de claro a oscuro y puede lograrse una gran cantidad de efectos. La estabilidad de la pintura acrílica es muy buena y no produce el amarillo de los colores como en el caso del óleo. La pintura acrílica puede trabajarse en soportes rígidos o flexibles, previamente preparados.

Pintura al pastel

La pintura al pastel se aplica sobre un fondo áspero, sobre el cual quedan adheridos los pigmentos. Los pigmentos suelen aglutinarse con goma de tragacanto, el pintor puede fabricar por sí mismo sus lápices de pastel.

Una vez terminada la obra al pastel, se le protege por medio de un vidrio en el cuadro. Como soporte puede emplearse papel o tela que tengan asperezas.

Nuevos materiales

Existen en la actualidad otros materiales, diferentes de los tradicionales, que han sido desarrollados gracias a los avances de la física y de la química modernas. Éstos pueden ser utilizados como medios para formar dispersiones con una gran variedad de pigmentos. Se caracterizan en general por tener una gran resistencia a las condiciones atmosféricas más adversas, por lo que muchos de ellos pueden ser utilizados para la elaboración de pintura mural, tanto en interiores como exteriores; asimismo, se les puede utilizar para pintura de caballete.

Con estos materiales es posible generar efectos y texturas imposibles de conseguir con técnicas tradicionales. Sin embargo, al parecer pocos artistas emplean esta técnicas y en parte se debe al empleo de sustancias un poco extrañas para la mayoría de los artistas, que no están acostumbrados a su uso.

Dentro de estas técnicas tenemos al silicato de etilo (CH_3SiO_2) que es muy apropiado para pintura mural de exteriores, por la alta estabilidad y protección que proporciona.

Se tienen también las lacas de piroxilina; son pinturas automotrices que pueden ser aplicadas al arte. Estas lacas químicamente son derivadas de la

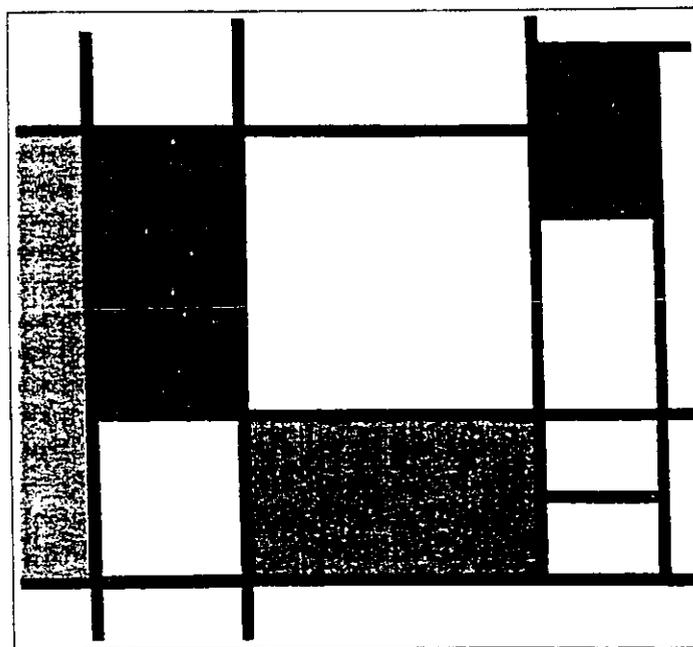
nitrocelulosa; pueden ser aplicadas en murales interiores; no se recomiendan para pintar a la intemperie.

Dentro de las resinas propiamente dichas tenemos las pinturas vinílicas (acetato de vinilo) y también el cloruro de vinilo; ambas pueden ser usadas tanto en muros como en pintura de caballete.

Tenemos también las resinas acrílicas, las cuales pueden ser utilizadas para formar dispersiones con pigmentos; son aptas para ser utilizadas en murales, pues ofrecen gran resistencia química.

Por último mencionaremos a las emulsiones acrílicas, que se fabrican a base de polimetacrilatos y poliácridatos, en los que se dispersan los pigmentos. La emulsión resultante es soluble en agua cuando está húmeda y cuando está seca produce una película flexible, resistente al agua y no amarillea. Este tipo de emulsiones no puede ser preparada directamente por el pintor, porque debe tener cantidades muy exactas de pigmento, agentes secantes y relleno, además de que la humectación y dispersión deben hacerse de forma adecuada, por lo cual, serán las compañías fabricantes quienes se encarguen de su producción. Como ejemplo tenemos el politec, material muy conocido por los pintores.

Anexos



Anexo 1

Tamaño de partículas

Cualquier coloide contiene partículas cuyo diámetro es de alrededor de 0.000001mm a 0.0005mm, es decir, desde un millonésimo de milímetro a 5 diezmilésimos de milímetro. También su tamaño puede expresarse en micras (μ). Una micra es la milésima parte de un milímetro. Entonces, los coloides son sistemas formados por partículas comprendidas entre una milésima de micra y 500 micras. En la siguiente tabla se dan algunos ejemplos de partículas de diferente diámetro.

Partícula	Diámetro en m μ
Grano de cuarzo en arena	50 000 a 200 000
Glóbulos rojos en sangre	7 500
Bacilo coli	1 500
Azufre coloidal	50 a 50 000
Virus de la gripe	120
Oro coloidal	1 a 100
Hemoglobina	2.8
Molécula de oxígeno	0.16

Los materiales artísticos en estado coloidal quedan comprendidos en este rango.

Anexo 2

Tabla de equivalencias

1 m	=	1000 mm
1 mm	=	1000 μ
1 μ	=	1000m μ
1 A	=	0.0001 μ

m	metro
mm	milímetro
μ	micra
A	angstrom

ANEXO 3

Glosario

A

Ácido acético:

Ácido débil, orgánico, de fórmula química: CH_3COOH que se encuentra presente en el vinagre.

Ácido clorhídrico:

Ácido fuerte formado por la unión de hidrógeno y cloro; presente en el jugo gástrico.

Acetato de vinilo:

Polímero formado por la unión de los grupos vinilo y acetato.

Almidón:

Polisacárido que se encuentra en las papas, en el arroz y el trigo.

Análisis químico:

Procedimiento que se sigue en el laboratorio para determinar la cantidad y caracterizar el tipo de sustancias en una muestra dada.

E

Esmalte:

Parte vítrea con o sin color, aplicable a una superficie metálica.

Estabilidad atómica o molecular:

Tendencia de un átomo o molécula para no reaccionar.

Esterificación:

Ocurre en el transcurso de una reacción cuando se forma un éster de fórmula RCOOR.

Fotodegradación:

Deterioro sufrido por algunos materiales debido a la influencia de la luz.

Fumaratos:

Compuestos orgánicos derivados del ácido fumárico.

G

Glicerina:

Líquido higroscópico de sabor dulce.

Gradiente:

Medida del cambio o diferencia en una propiedad.

Goma arábiga:

Sustancia amorfa obtenida de algunas acacias.
Hidróxido de amonio: Base fuerte de fórmula NH_4OH , presente en los limpiadores para baños y cocinas.

L

Laca:

Barniz espeso de procedencia oriental, obtenido de resinas vegetales y susceptible de ser coloreado con pigmentos.

Látex:

Emulsiones poliméricas con base acuosa.

M

Maleatos:

Compuestos orgánicos derivados de ácido maleico.

Micelas:

Agrupaciones atómicas pequeñas de átomos o moléculas.

N

Nitrocelulosa:

Compuesto orgánico obtenido de la reacción química entre la celulosa y el ácido nítrico. Como ejemplo tenemos el algodón pólvora y el celuloide.

O

Oléfinas:

Hidrocarburos que contienen en su molécula carbono e hidrógeno; forman cadenas por medio de dobles ligaduras.

P

Polisacárido:

Cadena polimérica formada por unidades de monosacáridos (azúcares)

Reológicas:

Propiedades de algunos materiales relacionados con su deformación y flujo; presentes en plásticos y pinturas.

Resinas fenólicas y epoxi:

Resinas sintéticas que presentan buena dureza y resistencia a solventes.

T

Tampones:

Compuestos en solución resistentes a la adición de ácidos o álcalis, sin modificar su pH.

CONCLUSIONES



CONCLUSIONES

Esta tesis contribuyó de manera personal a la realización de una síntesis de algunos conocimientos científicos y principios de la práctica pictórica. En mi búsqueda encontré que muy pocos autores en la literatura existente abordan esta relación.

Mi principal interés se enfocó a la explicación y ejemplificación de aquellos conceptos y teorías de física y química que estuvieran estrechamente vinculados con el ejercicio de la pintura, considerando materiales tradicionales, principalmente.

Los nuevos materiales que pueden ser utilizados como soportes o bien como aglutinantes de pigmentos sólo fueron mencionados brevemente, ya que su campo de estudio y aplicación es tan extenso que bien podría ser motivo de otra tesis.

Con referencia al punto anterior y después de haber realizado el presente trabajo creo que los nuevos materiales (plásticos) no han sido suficientemente estudiados por nuestros artistas contemporáneos; aunque si bien es cierto se han hecho esfuerzos por incorporarlos a la pintura en nuestro país, como lo demostró José Gutiérrez y su grupo de trabajo. Sin embargo, esta propuesta ha sido olvidada y relegada debido, quizá, a que muchos de los integrantes del grupo ya han fallecido.

Otra de las razones podría ser que se requiere de un conocimiento técnico de las propiedades y procedimientos para trabajar con los plásticos; sin embargo, considero que es necesario dirigir nuestros esfuerzos en este sentido y abrirnos a la tecnología contemporánea.

Mi intención al elaborar esta tesis se debió también a que algunos compañeros y maestros, en ocasiones, manifestaron tener dificultades en comprender el comportamiento de los materiales artísticos en la pintura; deseando encontrar alguna bibliografía que les pudiera aclarar algunos puntos, me di a la tarea de elaborar el presente trabajo.

El número de libros que encontré sobre el tema fue en realidad escaso y la mayoría es de autores extranjeros; sin embargo, tuve la ocasión de encontrar y consultar algunos textos nacionales como: "Del fresco a los materiales plásticos", de José Gutiérrez, y "Sobre la encáustica y el fresco", de Diego Rivera y Juan O'Gorman; ambos arrojan una buena luz sobre las técnicas ahí planteadas.

Al estudiar estos textos advertí que para entenderlos con propiedad debía tener un bagaje de conocimientos mínimo de física y química, sin tratar de convertir al artista en un científico, sino más bien dotarlo de una herramienta útil de trabajo que le ayude a entender de mejor forma el comportamiento de los materiales artísticos.

En la redacción de este trabajo pensé en utilizar un lenguaje técnico sencillo y accesible para el artista

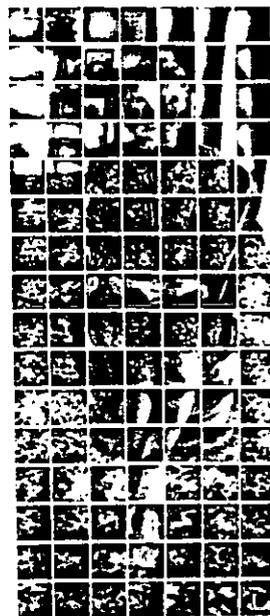
no acostumbrado al uso del lenguaje científico. Creo que se logró parcialmente al ser imposible eludir algunas fórmulas sencillas, relaciones muy básicas en aras de una mayor claridad y comprensión.

También encontré que sería muy recomendable aumentar el número de especialistas que tuvieran el perfil en técnicas de materiales, con el objeto de dar continuidad a la disciplina y evitar que llegara eventualmente a decaer, como sucedió con el caso de José Gutiérrez y su grupo. De esta forma se aseguraría la trasmisión de conocimientos a las futuras generaciones de artistas.

Por lo anterior, también sugeriría que la Academia de San Carlos impartiera talleres de experimentación visual en la que se utilizaran nuevos materiales; como soportes podrían utilizarse maderas o metales cubiertos con espuma de poliuretano o bien soportes de fibra de vidrio con resina poliéster. Asimismo se podría probar con diferentes resinas sintéticas como aglutinantes y mezclarlos con pigmentos, puesto que no he encontrado un taller de pintura con tales características.

Estamos en un nuevo siglo y es hora de que el artista posea nuevos medios materiales que le permitan conseguir a su vez nuevas posibilidades expresivas.

BIBLIOGRAFÍA



BIBLIOGRAFÍA

- Chilven, Ian y Harold Osborne. Diccionario de Arte. Alianza. Madrid, 1992.
- Doerner, M. Los materiales de pintura y su empleo en el arte. Reverté. 5a. Ed. España, 1994.
- Garritz, A. y J. A. Chamizo. Química. Iberoamericana. México, 1994.
- Gair, A.. Manual completo del artista. Blume. Londres, 1995.
- Jirgensons, B. y Straumanis, M. E. Compendio de química coloidal. CECSA. México, 1980.
- Hewitt Paul, G. Física conceptual. Trillas. México, 1996.
- Landa, C. D. Tesis para obtener el título de ingeniero químico. UNAM. México, 1974.
- Laurie, A. P. The painter's methods and materials. Dover. New York, 1967.

- Mayer, R. Materiales y técnicas del arte. Hermann Blume. España, 1981.
- Monrreal y Tejada, L y R.G.Hagger. Diccionario de términos de arte. Juventud. Barcelona, 1992.
- Morrison, R. T. y Boyd R. Química orgánica. Iberoamericana. México, 1990.
- Pople, S., Física razonada, Trillas, México, 1997.
- Ovellette, R. J. Introducción a la química orgánica. Harper Row Latinoamericana. México, 1971.
- Pillans, A. L. The painter's methods and materials. Dover. New York, 1969.
- Serway, R. y Faughn J.S. Física. Pearson Education. México, 1999.
- Smith, R. El manual del artista. H. Blume. 3ª. reimpresión. Londres, 1999.
- Wilson, J. O. Física. Prentice Hall Hispanoamericana. México, 1996.
- Zebrowsky, E. Física. Un enfoque para técnicos. Mc GrawHill. México, 1980.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA