

A R T E y  
restauración

# La pintura sobre tela II



Alteraciones, materiales y  
tratamientos de restauración

Ana Villarquide

NEREA

# LA PINTURA SOBRE TELA II

ALTERACIONES, MATERIALES  
Y TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN

ANA VILLARQUIDE JEVENOIS

# LA PINTURA SOBRE TELA II

ALTERACIONES, MATERIALES Y  
TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN

NEREA

Título original: *Restauración e conservación de pintura sobre tea. Alteracións, materiais e tratamentos*

© De los textos: Ana Villarquide, 2005

© De la ed. cast.: Editorial Nerea, S.A., 2005

Aldamar, 38

20003 San Sebastián

Tel.: 943 432 227

nerea@nerea.net

[www.nerea.net](http://www.nerea.net)

© De las ilustraciones: Los autores

Esta obra ha sido editada con ayuda de la Dirección General del Libro, Archivos y Bibliotecas del Ministerio de Cultura.

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de este libro pueden reproducirse o transmitirse utilizando medios electrónicos o mecánicos, por fotocopia, grabación, información u otro sistema, sin permiso por escrito del editor.

ISBN: 9788496431638

Maquetación: Eurosíntesis Global, S. L.

# ÍNDICE

*Introducción a la edición en castellano*

PRIMERA PARTE ALTERACIONES DE LA OBRA

## CAPÍTULO 1

FACTORES DE ALTERACIÓN

1. *El ecosistema*
2. *Los factores de alteración*
3. *Factores intrínsecos*

## CAPÍTULO 2

ALTERACIONES DEL SOPORTE

1. *Factores de alteración de la celulosa*
2. *Humedad e higroscopicidad: los cambios físicos*
3. *Despolimerización de la celulosa: los cambios químicos*
4. *Daños mecánicos*
5. *Alteraciones del bastidor*

## CAPÍTULO 3

### ALTERACIONES DE LA PINTURA Y LA PREPARACIÓN

1. *Craquelados*
2. *Grietas*
3. *Levantamientos y escamas*
4. *Cazoletas*
5. *Abolsados y ampollas*
6. *Pulverulencia*
7. *Migración, sangrado, posado y flotado del pigmento*
8. *Alteraciones con la humedad*
9. *Problemas en el secado*
10. *Flexibilidad*
11. *Cambios en la materia: envejecimiento*
12. *Cambios de color en el pigmento*
13. *Otras alteraciones*
14. *Alteraciones de la pintura moderna*

## CAPÍTULO 4

### ALTERACIÓN DE LOS BARNICES

1. *Cambios físicos*
2. *Cambios químicos*
3. *Daños mecánicos y otras alteraciones*

## SEGUNDA PARTE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LA PINTURA

## CAPÍTULO 5

## FIJADO Y CONSOLIDACIÓN

1. *Introducción*
2. *Fijados y consolidaciones*
3. *Los materiales*
4. *La consolidación*
5. *El fijado*
6. *Abolsados, cazoletas y ampollas*
7. *Tipos de consolidación y de fijados*
8. *Uso de las mesas para consolidar y fijar*

## CAPÍTULO 6

### PROTECCIÓN DE LA PINTURA

1. *Empapelados y cartones*
2. *Métodos*
3. *Desempapelado*

## CAPÍTULO 7

### LIMPIEZA DE LA SUCIEDAD: ANVERSO Y REVERSO

1. *Tratamientos de limpieza*
2. *Limpieza del anverso*
3. *Limpieza del reverso*
4. *Otros tratamientos del reverso*
5. *Tratamientos de la acidez de la tela*
6. *Tratamientos de desinsección*

## CAPÍTULO 8

### TRATAMIENTOS LOCALES DE FALTAS O DEBILIDAD DEL SOPORTE: INJERTOS, PARCHES Y BORDES

1. *Adhesión o colocación de una pieza de tela*
2. *Injertos (tratamientos para pérdidas del soporte)*
3. *Parches (tratamientos puntuales para debilidad o rotura del soporte)*
4. *Tensado de la obra y refuerzo de la tela: bordes*

## CAPÍTULO 9

### REENTELADOS

1. *Historia*
2. *Motivos del reentelado*
3. *Elementos del reentelado*
4. *Aspectos negativos del reentelado*
5. *Pruebas previas al reentelado*

## CAPÍTULO 10

### LOS FORRADOS TRADICIONALES

1. *Forrado a la gacha*
2. *Forrado con cera-resina*
3. *Otros forrados*

## CAPÍTULO 11

### LOS NUEVOS REENTELADOS

1. *Aplicación del adhesivo*
2. *El nuevo soporte*
3. *Tipo de adhesión*



## CAPÍTULO 12

### TENSADO Y RELAJACIÓN DE LA OBRA: LA HUMECTACIÓN. ELIMINACIÓN DE DEFORMACIONES

1. *Tensado en los tratamientos de restauración*
2. *Relajación y tensado de la tela mediante humedad*
3. *Eliminación de las deformaciones puntuales del soporte*
4. *Eliminación de las deformaciones mediante tensión puntual*

## CAPÍTULO 13

### LA MESA DE CALOR Y VACÍO

1. *Las mesas calientes*
2. *Forrado en la mesa caliente con vacío*
3. *Otras variantes del forrado*
4. *Forrados tradicionales en la mesa: la cera-resina*
5. *Otros tratamientos en la mesa*
6. *Mesa caliente con humidificador*

## CAPÍTULO 14

### LA MESA FRÍA DE BAJA PRESIÓN

1. *La mesa fría de baja presión o mesa de succión*
2. *El forrado en la mesa fría de baja presión*
3. *Características del método*
4. *Forrado a la gacha*

## CAPÍTULO 15

### OTROS TIPOS DE FORRADO

1. *Reentelados de cuadros de grandes dimensiones*
2. *Forrados transparentes*
3. *Adhesivos sensibles a la presión. Colas autoadhesivas o PSAS*

## CAPÍTULO 16

### ALTERNATIVAS AL REENTELADO

1. *Regeneración de colas orgánicas*
2. *Protección del reverso*

## CAPÍTULO 17

### LAS TELAS DE REENTELADO Y LOS SOPORTES RÍGIDOS

1. *Las telas naturales*
2. *Las telas artificiales y sintéticas*
3. *Los soportes rígidos*

## CAPÍTULO 18

### MONTAJE DE LA TELA EN EL BASTIDOR. LA TENSIÓN DEL LIENZO

1. *Clavado de la obra en el bastidor*
2. *Adhesión de los bordes al bastidor*
3. *Tensado de la obra*

## CAPÍTULO 19

### TRANSFERENCIAS DE PINTURA

1. *El traslado tradicional*

2. *Transferencia tradicional de la pintura sobre tela*
3. *Nuevas transferencias de pintura sobre tela*

## CAPÍTULO 20

### LA REINTEGRACIÓN PICTÓRICA

1. *Criterios*
2. *Estucado*
3. *La reintegración cromática*
4. *Los colores*

## CAPÍTULO 21

### ALIGERAMIENTO O LIMPIEZA DEL BARNIZ

1. *El color del barniz*
2. *Aligeramiento del barniz*
3. *Tipos de limpieza*
4. *Métodos de limpieza*
5. *Peligros de la limpieza*
6. *Desarrollo de un tratamiento de limpieza*
7. *Disolventes reactivos*
8. *Neutralización*
9. *Reblandecimiento del barniz o reforming*
10. *Pastas o soportes*
11. *Limpieza enzimática*
12. *Limpieza con láser*
13. *Eliminación de repintes*
14. *Cambio del color en el pigmento*

## CAPÍTULO 22

### ACTUACIÓN DE LOS DISOLVENTES

1. *Características de los productos de limpieza*
2. *Penetración del disolvente*
3. *Volatilidad*
4. *El poder de disolución*
5. *El restaurador y la manipulación*
6. *Grupos de disolventes*

## CAPÍTULO 23

### DISOLVENTES, TIPOS Y CLASIFICACIÓN

1. *Hidrocarburos*
2. *Alcoholes*
3. *Polialcoholes*
4. *Éteres*
5. *Cetonas*
6. *Ésteres*
7. *Ácidos carboxílicos*
8. *Aminas*
9. *Amidas carboxílicas*
10. *Nitrilos*
11. *Derivados nitro*
12. *Compuestos de azufre*
13. *Aldehídos*
14. *Agua*

## CAPÍTULO 24

### SURFACTANTES, DETERGENTES Y JABONES

1. *Jabones*
2. *Detergentes*
3. *Detergentes para la limpieza de superficies grasas*
4. *Jabones de resina para la limpieza del barniz*
5. *Surfactantes y tensoactivos*
6. *Humectantes*

## CAPÍTULO 25

### HISTORIA DE LA RESTAURACIÓN. ALGUNOS TRATAMIENTOS APLICADOS EN EL PASADO

1. *Sentado del color y consolidaciones*
2. *Empapelados*
3. *Extensión del lienzo*
4. *Limpiezas del reverso*
5. *Cortes, roturas y deformaciones del soporte*
6. *Forrados*
7. *Tratamientos anteriores a la limpieza*
8. *Limpieza del barniz*
9. *Repintes*
10. *Reintegración*
11. *Barnizado*
12. *Protección del reverso*

## CAPÍTULO 26

### EL BARNIZADO

1. *Los barnices en la restauración*
2. *Características del barniz*

### 3. *Los barnices. Tipos*

## CAPÍTULO 27

### BASTIDORES Y MARCOS

1. *Tratamientos en el soporte*
2. *Tratamientos en la policromía*

## CAPÍTULO 28

### ANÁLISIS DE LA OBRA

1. *La investigación científica aplicada al arte*
2. *Tipos de análisis*
3. *Técnicas no destructivas*
4. *Técnicas destructivas*
5. *Otros análisis: instrumentales*
6. *Datación de las pinturas*

## CAPÍTULO 29

### CONDICIONES DE CONSERVACIÓN

1. *Datos básicos ambientales*
2. *Enmarcado*
3. *Colgado de la obra*
4. *Protección de la obra*
5. *Limpieza*

## CAPÍTULO 30

### LOS MATERIALES SINTÉTICOS

1. *Los nuevos materiales sintéticos*
2. *Características*

*3. Materiales y pruebas de envejecimiento artificial acelerado*

**CAPÍTULO 31**

**RESINAS SINTÉTICAS EN EL MERCADO**

- 1. Resinas celulósicas*
- 2. Derivados del almidón*
- 3. Poliamidas (PA)*
- 4. Resinas vinílicas (PVAc)*
- 5. Alcohol polivinílico (PVAL)*
- 6. Acrílicos*
- 7. BEVA ®*
- 8. Resinas de poliuretano*
- 9. Espesantes*
- 10. Membranas y tejidos auxiliares*

*Documentación, informes y fichas*

*Bibliografía*

# INTRODUCCIÓN A LA EDICIÓN EN CASTELLANO

La pintura sobre tela ocupa un lugar de especial relevancia dentro del amplio campo de las técnicas artísticas, especialmente desde que entre los siglos xv y xvi se generaliza su uso como soporte pictórico. Si realizáramos un recorrido por el arte occidental de la Edad Moderna veríamos que con esta técnica fue pintada la mayoría de las grandes obras maestras que hoy todos conocemos y admiramos y, asimismo, otras de diverso valor artístico que, sin embargo y en conjunto, son parte esencial del patrimonio histórico y cultural que es necesario conservar y transmitir en las mejores condiciones.

La pintura sobre lienzo constituye una de las más delicadas estructuras artísticas, integrada por elementos heterogéneos y con frecuencia de comportamiento contrapuesto, a pesar de que la elección y uso de los materiales pictóricos surgió como resultado de un dilatado proceso de selección y experimentación tras siglos de trabajo y estudio. De este modo, el deterioro que sufre la



pintura dependerá, en ocasiones, de aquellas características relativas al comportamiento de los componentes materiales que la forman, de su calidad, de su tendencia a alterarse, de la corrección al ser aplicados..., en definitiva, de la parte técnica y de la referida a la materia. Sin embargo y por muy buena calidad técnica que posea una obra, siempre estará sometida a cambios químicos y físicos inevitables que dan lugar a lo que conocemos como “envejecimiento”, a veces de tal modo encadenados que provocan su destrucción acelerada.

En la primera parte del libro se tratan todos estos agentes causantes de alteraciones: los internos o técnicos, y los externos o ambientales, como pueden ser la luz, la humedad, la oxidación, etc., y las consecuencias que esto conlleva, como por ejemplo la transformación de un material en otro distinto y el subsiguiente comportamiento (peor y diferente) al que tenía cuando fue escogido.

Un pormenorizado estudio de los daños surgidos en una pintura posibilitará no sólo aplicar tratamientos de restauración concretos que los enmienden, sino averiguar las causas que los provocan para así evitarlos en el futuro.

En una segunda parte del texto están tratados los sistemas de conservación y restauración: existen normas y condiciones apropiadas para el manejo y exposición de la obra a través del acondicionamiento del entorno de manera constante y correcta que, cuando menos, ralentice el envejecimiento. Por otro lado, se abordan aquellos tratamientos directos de intervención sobre el cuadro cuando éste muestra deterioros graves y demanda un control urgente, pues de no hacerse podría desembocar en una degradación precipitada. Si esto sucede, no sólo basta con actuar en el entorno expositivo, sino que resulta necesario restablecer unas condiciones buenas y estables en la propia obra, aportándole aquello de lo que carece: adhesividad, consolidación de los estratos, refuerzo de

soportes, etc. Sólo de este modo podrá responder de forma correcta a la conservación.

Estos tratamientos de restauración que afectan a la obra resultan delicados, pues conjugan diversos factores como son el comportamiento y la respuesta del material pictórico, teniendo presentes las variaciones sufridas con el envejecimiento; el grado de intervención requerido; la compatibilidad entre obra y material añadido, en el caso de que fuese necesario introducirlo; la conciliación entre diversos materiales y tratamientos realizados a la obra y su secuencia; y, finalmente, el comportamiento del material añadido según la conservación prevista. La interrelación entre todos estos factores es muy compleja y debe converger en propuestas de tratamiento razonadas para cada caso concreto; de ahí que este libro no pretenda ser un tratado de restauración al uso. Por decirlo claramente, intenté huir de la fácil tentación de escribir un manual a base de recetas e intervenciones de uso estandarizado, que en mi opinión empobrecen la práctica de la restauración y son pedagógicamente ineficaces: sólo del conocimiento profundo de una obra, de sus materiales, comportamiento y necesidades, se pueden derivar actuaciones serias y respetuosas.

Ana Villarquide Jevenois

PRIMERA PARTE

ALTERACIONES DE LA OBRA

# CAPÍTULO 1

## FACTORES DE ALTERACIÓN

“Lo que hay mucho de doler es que el tiempo va tratando mal esta excelente pintura, porque el agua, el aire, el sol, la niebla, el calor y el frío la combaten casi irremediabilmente, pues no hay muralla tan fuerte que esto no lo quebrante”.

FRAY JOSÉ DE SIGÜENZA (1605), *Discurso IV*

La sensibilidad, el envejecimiento o la estabilidad de una obra frente a las alteraciones depende de su capacidad de reacción o resistencia a los factores ambientales, lo cual está relacionado con sus cualidades químicas, físicas y mecánicas.

Todos los materiales son degradables con una mayor o menor rapidez. Los que forman parte de la obra pictórica podrán ser más o menos sensibles a las condiciones exteriores, pero con el paso del tiempo este comportamiento varía, aumentando su tendencia a modificarse. Habrá que tener en cuenta que el envejecimiento es inevitable, pero que es posible disminuir la rapidez con que se produce, en función de los siguientes factores:

1) De la propia obra:

- Los materiales serán sensibles en muy distinto grado a factores de alteración concretos. Por ejemplo, una cola

animal será más vulnerable a la humedad que un aceite. Todos aquellos materiales con grupos funcionales de poca estabilidad, con dobles enlaces o con defectos en su estructura son, en definitiva, favorables química o físicamente al deterioro.

- De los materiales de mala calidad o técnicas incorrectas aplicadas por el autor, mostrando la obra alteraciones prematuras que se desencadenan de forma rápida y sin que deba transcurrir mucho tiempo.
- El propio material que, de forma inevitable, envejece de manera “natural”.

2) Del ecosistema en el que se halla la pieza, de los posibles factores de alteración:

- Físicos: son todos aquellos que no varían la composición química del material, sino su aspecto y sus propiedades mecánicas. Los más frecuentes son la pérdida de color, la pérdida de brillo, los daños por higroscopicidad, los craquelados, las escamas, etc. En muchos casos pueden crear puntos débiles en la estructura del cuadro, causa de posteriores alteraciones e incluso origen de graves pérdidas de pintura.
- Químicos: son todos aquellos en los que el material va a cambiar químicamente, como son la despolimerización, la reticulación, la hidrólisis, las oxidaciones, las reacciones en los pigmentos, etc. La estabilidad de los enlaces químicos del material (baja reactividad) será el factor fundamental para evitar estos cambios. Así, la estructura del polímero es decisiva en su comportamiento: su cristalinidad; las zonas defectuosas en la polimerización; la interfase entre zonas cristalinas y amorfas, muy sensibles al envejecimiento, etc. Todos estos cambios químicos provocarán modificaciones físicas, mecánicas o de comportamiento, puesto que el material resultante de estas transformaciones ya no es el original. Estos

cambios son termoquímicos, fotoquímicos, hidrolíticos, etc. Las transformaciones se pueden agrupar, de un modo general, en<sup>1</sup>:

a) *Despolimerización*: roturas de cadenas en las estructuras poliméricas lineales y tridimensionales, especialmente cuando los enlaces entre monómeros no son fuertes, repercutiendo en un aumento de la solubilidad (por ejemplo, en los glúcidos), en la permeabilidad y en la disminución de la tenacidad de la sustancia. Aparecerán fragmentos de peso molecular bajo, reduciéndose el peso molecular total.



Fig. 1.1.

b) *Reticulación*: formación de enlaces entre cadenas vecinas, algo que sucede tanto en los polímeros lineales como en los reticulados. En el envejecimiento se activan ciertos grupos de átomos de las cadenas poliméricas enlazándose con los grupos de cadenas próximas: de este modo se comienzan a entrecruzar.

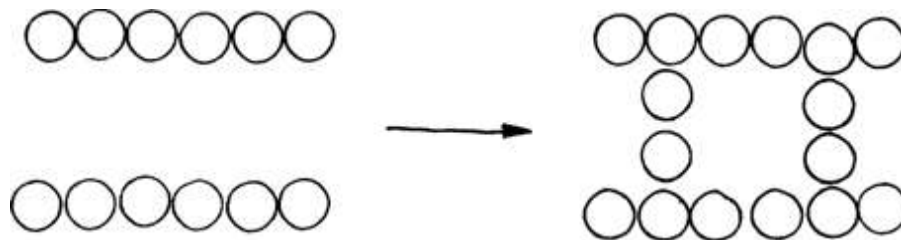


Fig. 1.2.

El resultado será un aumento del peso molecular de las macromoléculas, una mayor fragilidad, menor resistencia mecánica (a muy elevada reticulación) y más alta insolubilidad. Los cambios producidos en los

grupos laterales del polímero pueden modificar características como, por ejemplo, la polaridad, que influirá a su vez sobre la solubilidad, la adhesividad, etc.

Los polímeros lineales orgánicos se alteran de alguna de estas dos anteriores formas. En ocasiones, la escisión de fragmentos de cadena y la despolimerización provocan la expulsión de productos (gases) como el ácido acético en los acetatos de polivinilo.

- Biológicos: provocados por climas exteriores favorables y substratos en la obra adecuados para su desarrollo (colas, tejidos). Los llamados cambios bioquímicos son aquellos en los que los microorganismos transforman el material sobre el que crecen (hidrólisis, cambio de pH...), factor fundamental del biodeterioro.
- Cuadros sin problemas en su materia, pero que sufrieron accidentes o una mala conservación (daños antrópicos): golpes, roturas por accidentes, manchas, suciedad, etc.

Se trata, en todo caso, de alteraciones externas. El envejecimiento puede verse acelerado por condiciones inadecuadas de conservación, produciendo en la obra "enfermedades" que pueden llegar a su destrucción cuando no se somete a un tratamiento de restauración.

Es fundamental observar con todo detalle las alteraciones de la pintura. Cada uno de estos cambios serán indicios de las causas que los provocaron y serán la pauta para posteriores tratamientos y para evitar estas condiciones adversas en la conservación futura.

Antes de aplicar el tratamiento de restauración es necesario establecer qué alteraciones son provocadas por el paso del tiempo sin comprometer la estabilidad y conservación de la obra, y cuáles provocan una gradual destrucción de ésta.

# 1. *EL ECOSISTEMA*

Todo bien cultural está situado en un ecosistema, es decir, en un entorno con unas características ambientales y con unas condiciones de conservación como son humedad, temperatura, gases, etc., que se dividen, de un modo general, en:

- Aire o atmósfera. Desde el aire que rodea a una obra colgada en la pared o el que rodea a un edificio, hasta el aire que hay dentro de una vitrina en un museo.
- Suelo o tierra. En los objetos arqueológicos enterrados.
- Agua o humedad absoluta. Piezas sumergidas en agua, dulce o salada.

Para ser exhibidos, todos los objetos tienen que pertenecer al primer sistema, al del aire. Las complicaciones más graves se producirán en el paso de un ecosistema a otro (traspaso de un objeto de la tierra o el agua al aire) por los problemas de adaptación de la pieza a los cambios ambientales, que pueden llegar a destruirla. Con todo, una pieza en un sistema aire también puede estar expuesta a cambios medioambientales drásticos cuando se traslada de lugar o cuando cambian las estaciones del año. El ecosistema aire es el que más cambios sufre, sobre todo de humedad y de temperatura, muy frecuentes. Una pieza enterrada o sumergida tenderá a estabilizarse en un entorno más invariable. Un paso ralentizado, imitando al nuevo ambiente, constituirá el mejor método para que la transformación sea correcta: de la humedad se pasará paulatinamente al medio seco, como se hace en los tratamientos de piezas arqueológicas. Esta regla será indispensable para cualquier transferencia de un ecosistema a otro o dentro de condiciones diferentes en un mismo medio. Los cambios bruscos y repetidos siempre serán más peligrosos que las fluctuaciones lentas o que las condiciones, incluso negativas, más permanentes.



## *1.1. El ecosistema aire*

Sus cambios dependen de:

- La contaminación atmosférica variable (gases).
- La humedad y la temperatura.
- La luz.
- Los ataques biológicos.

Junto con los factores de alteración exteriores, debemos tener presente la distinta predisposición de la pieza para sufrir cambios: materiales de mala calidad, no apropiados, malas técnicas, cierto grado de envejecimiento adquirido, etc.

## *1.2. La pintura*

En muchos casos será necesario que la pintura cumpla algunos requisitos para que la alteración sea fuerte y rápida. Entre ellos están:

- Una composición química propensa a la reactividad.
- La permeabilidad de la pintura: capacidad de absorber líquidos o gases del exterior. Las más sensibles serán aquellas sustancias con una porosidad notable (número de poros, grietas o craquelados por los que pueden penetrar los factores de alteración) o bien higroscópicas. Las capas exteriores están más expuestas al contacto con las alteraciones.

Todos los materiales se degradan, sean naturales o sintéticos, pero los primeros presentan mayores problemas debido a una composición heterogénea y variable. Por el contrario, los materiales sintéticos pueden ser muy diversos, pero su composición química es más regular y estable.

## *2. LOS FACTORES DE ALTERACIÓN*

## 2.1. Luz

Es un importante factor de degradación, sobre todo en las radiaciones ultravioletas (UV). Las radiaciones electromagnéticas, propagadas en el espacio a una velocidad constante (300.000 km/s), son ondas con una frecuencia (número de ondas por segundo) y una longitud de onda (distancia recorrida por la onda en el tiempo de un período) variables.

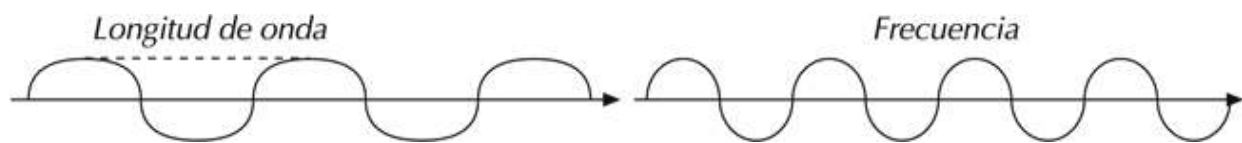


Fig. 1.3.

### 2.1.1. LA LONGITUD DE ONDA

La luz está compuesta de muchas longitudes de onda (representadas con la letra lambda) diferentes, de las que sólo una pequeña parte corresponde a la luz visible (VIS): los humanos sólo percibimos la comprendida entre los infrarrojos (IR) y los ultravioletas (UV).

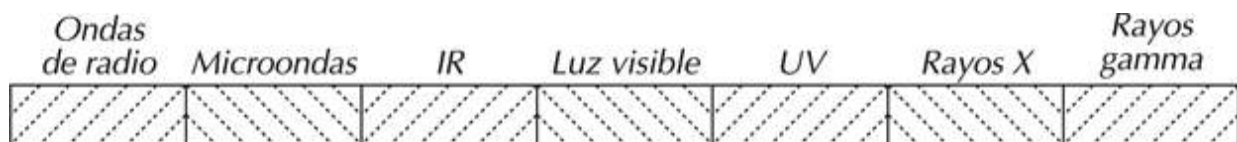


Fig. 1.4.

- Longitudes de onda de la luz visible: entre 380 y 760 nm (nanómetro<sup>2</sup>): roja, 760-627; naranja-amarilla, 627-589; verde, 589-495; azul, 495-436; violeta, 436-380 nm. Todas las longitudes juntas forman la luz blanca, lo que se comprueba con un prisma en el que un rayo de luz blanca se descompone en los distintos colores, como en el arco iris. Esta mezcla de

longitudes que forma la luz recibe el nombre de mezcla aditiva o color luz.

- b) Longitudes de onda no visibles: infrarrojas: 900-760 nm; ultravioletas: cercanos (390-300), medios (300-200) y extremos (200-100); rayos X. Estas radiaciones no visibles son apreciables gracias a equipos especiales.

La luz natural contiene un porcentaje de UV alto. Los UV inferiores a los 290-300 nm son filtrados por el ozono de la atmósfera, pero los que llegan a la obra producen fuertes degradaciones: aportan una cantidad de energía inversamente proporcional a la longitud de onda (y los UV son longitudes de onda cortas).

### 2.1.2. EL COLOR DE LOS OBJETOS

Los objetos, según su composición química, pueden absorber y reflejar distintas longitudes de la luz: según sean éstas, el ojo verá un color u otro, pues en su retina existen unos receptores llamados conos (sensibles al azul, al verde y al rojo), y bastones (que se adaptan a la cantidad de luz). En función de los conos excitados, veremos los distintos colores. En el capítulo de reintegración hay más información al respecto.

### 2.1.3. LAS FUENTES DE LUZ Y LAS RADIACIONES EMITIDAS

Serán de suma importancia:

- Natural: solar. Compuesta de radiaciones con todas las longitudes de onda, que juntas forman la luz blanca y de las que sólo una pequeña parte es visible.
- Artificial. Las radiaciones emitidas dependerán del tipo de fuente: las lámparas emiten luz visible más o menos tendente a fría (con un contenido alto de UV) o caliente (con un contenido alto de IR, que tienen seis veces menos UV que la luz solar). Para remediar el problema se pueden utilizar fuentes de luz que no

emitan en esas longitudes de onda o poner filtros que las retengan.

#### 2.1.4. LA INTENSIDAD O LA CANTIDAD DE LUZ

Nunca debe ser excesivamente fuerte para la obra, pero sí suficiente para poder observar sus detalles. Cada material es sensible, en distinta medida, a esta intensidad. Para que no se alteren, los materiales deberían estar sometidos a:

- Objetos muy sensibles: 50 lux (cantidad de luz por segundo). Textiles, acuarelas, dibujos, grabados, manuscritos, fotografía en color, cuero teñido.
- Sensibilidad media: 150 lux. Temples, óleos, acrílicos, cuero sin teñir, lacas, marfil, fotografía en blanco y negro.
- Objetos insensibles: 300 lux. Metal, piedra, vidrio, esmalte, cerámica.

#### 2.1.5. LA DURACIÓN DE LA ILUMINACIÓN

El tiempo es otro factor importante, pues las alteraciones provocadas por la luz son acumulativas: resulta igual de peligroso iluminar fuertemente en tiempo corto que débilmente en tiempo largo (ley de reciprocidad). Una iluminación durante 10 horas a 100 lux es semejante a 1 hora a 1000 lux.

$$\text{Daños} = \text{Iluminancia} \times \text{Tiempo de exposición}$$

## 2.2. *Alteraciones provocadas por la luz*

Se deterioran más los materiales orgánicos que los inorgánicos. El poder de penetración de la luz es alto, y en especial resultan peligrosas las radiaciones:

- a) Ultravioletas, con una actividad fotoquímica y fotoeléctrica elevada y que son causantes de grandes daños:

- Decolorar u oscurecer los pigmentos por la energía absorbida VIS y UV. No existen modelos o patrones de alteración, pues ésta es muy variable según el pigmento (concentración, tamaño del grano) y el medio ambiente (temperatura, humedad). De cualquier manera, los pigmentos suelen ser sensibles y son clasificados precisamente en función, sobre todo, de su resistencia a la decoloración. Los más estables son los óxidos, los sulfatos, los fosfatos y los carbonatos; los menos, los orgánicos de las veladuras, aunque todos pueden decolorarse.
- Destruir la materia rompiendo su estructura molecular, como sucede en la despolimerización de las telas de celulosa (influida por otros factores, sobre todo humedad -peor cuando es baja o alta-), en la destrucción incluso de tejidos vivos y en su acción bactericida (por ejemplo, empleada para esterilizar agua<sup>3</sup>). Los UV facilitan la oxidación de los materiales (fotooxidación, seguida de numerosas reacciones químicas) y la creación de nuevos enlaces (reticulación). Las moléculas se pueden descomponer fotoquímicamente cuando absorben UV por encima de un límite característico para cada una. Estas radiaciones serán peores cuando actúan simultáneamente con la humedad.

b) Los infrarrojos sólo aumentan la temperatura superficial de las piezas pero, si son fuertes, pueden llegar a quemar los objetos próximos o influir sobre la humedad relativa. Los IR superiores a los 760 nm provocan efectos térmicos desencadenantes de procesos químicos. También pueden ser causantes de variaciones dimensionales.

### 2.2.1. LA DEGRADACIÓN FOTOQUÍMICA

Ciertas estructuras químicas o grupos químicos muestran la característica de absorber parte del espectro luminoso,

existiendo moléculas con diversos grados de estabilidad. Algunos enlaces son, de este modo, activados gracias a la energía aportada por la luz (estado de excitación), llegando a romperse y produciendo cambios químicos en la sustancia. Estas moléculas pueden estar presentes en el polímero o en sus aditivos. La luz aporta la energía necesaria, junto con la temperatura, para iniciar y agilizar las reacciones químicas en la obra.



Fig. 1.5.

La luz acelera y favorece la acción de otros factores de alteración. El resultado de estas modificaciones significarán:

- Una mayor solubilidad de la sustancia: muchos materiales se despolimerizan.
- Cambios de reticulación e insolubilidad, como ocurre en las resinas.

### 2.2.2. LA DEGRADACIÓN FOTOOXIDATIVA

Cuando la luz activa los enlaces químicos, éstos pueden romperse produciendo combinaciones con el oxígeno, degradación muy común. Esta alteración conjunta de luz y oxígeno recibe el nombre de fotooxidación.

La luz visible, y especialmente la UV, aporta energía para formar radicales libres gracias a la ruptura de enlaces en el material. Esto tendrá lugar en los puntos débiles: en las cadenas insaturadas, en las ramificaciones de las cadenas, en los enlaces carbonilos C=O (aceite y resinas), en los dobles enlaces de carbono C=C, etc. Posteriormente se presentan así:

- Combinaciones del oxígeno con el material: rupturas de enlaces de las cadenas y combinación del oxígeno en estos puntos mediante un enlace doble (cetona: