

73  
24



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

## EL ARTE Y LA QUIMICA INORGANICA.



EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUIMICA

### TRABAJO MONOGRAFICO

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

P r e s e n t a :

ARTURO DE LA MORA MARTI



México, D. F.

1985



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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 está 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.

INDICE DE LA TESIS.

INTRODUCCION .....	5
CAPITULO I. PRINCIPALES RAMAS DEL ARTE Y RAMAS ESCOGIDAS..	7
CAPITULO II. ALGUNOS ASPECTOS QUIMICOS Y FISICOS RELACIONADOS CON EL ARTE.	
A) NATURALEZA DE LA LUZ .....	10
B) LUZ Y COLOR .....	15
C) MATERIALES .....	25
D) VIDRIO .....	43
CAPITULO III. LOS LABORATORIOS Y CENTROS DE INVESTIGACION	
A) DESARROLLO Y PRINCIPALES TECNICAS UTILIZADAS .....	46
B) ¿COMO SE DETERMINA LA EDAD DE LOS OBJETOS? .....	52
CAPITULO IV. APLICACIONES DE LAS TECNICAS DE LABORATORIO.	
A) EVALUACION DE LOS OBJETOS .....	58
B) CONSERVACION DE LAS OBRAS DE ARTE .....	66
C) RESTAURACION DE OBRAS DE ARTE .....	73
CAPITULO V. PARTICULARIDADES DE LAS RAMAS ESCOGIDAS.	
A) PINTURA. LAS TECNICAS DE LA PINTURA DE CABALLETE .....	84
B) ESCULTURA .....	91
C) ARQUITECTURA. ELEMENTOS ARQUITECTONICOS .....	96
D) CERAMICA .....	113
E) VIDRIO .....	119
CAPITULO VI. PANORAMA NACIONAL	
A) MEXICO PREHISPANICO .....	121
B) MEXICO COLONIAL .....	130
C) MEXICO INDEPENDIENTE. EL ARTE DEL SIGLO XIX .....	142
D) MEXICO INDEPENDIENTE. EL ARTE DEL SIGLO XX .....	148
CONCLUSIONES .....	155
BIBLIOGRAFIA .....	156

## INTRODUCCION.

"SI PUDIERAN CABER CELOS A LA NATURALEZA LOS TUVIERA DEL ARTE"

Saavedra Fajardo.

A raíz del Renacimiento y de la Revolución Industrial, el panorama del conocimiento humano se expandió enormemente de tal manera que el hombre de carácter universal, humanista, tuvo que ceder su lugar al hombre especializado. Así las universidades y centros de estudio adoptaron nuevas políticas de enseñanza según las cuales al individuo se le daba una ligera visión de las principales ramas del conocimiento humano -pero por separado, sin buscar la interconexión entre ellas- y, posteriormente se exigía la elección de una de ellas para su estudio a un nivel más profundo. Este proceso terminó por deteriorar definitivamente el panorama humanista y universal del hombre y fue entonces posible concebir a las diferentes manifestaciones del conocimiento humano de una forma aislada e independiente. El hombre ganó al profundizar en el conocimiento de una cierta actividad, pero perdió mucho al desconocer y olvidar las interrelaciones que se tenían con el Universo. Sin embargo estas interconexiones subsisten y así se pueden ligar, por ejemplo, la "ciencia" más abstracta y exacta, la matemática, con la manifestación más sublime de las humanidades, la filosofía, a través de los trabajos de un Leibnitz o de un Descartes.

La química, lejos de ser una disciplina aislada, tal vez pueda ser considerada como "la ciencia más humanística o como la manifestación humanística más científica". Y el profesionista químico es el puente entre la ciencia más pura y sublime y el inmenso conglomerado social.

Durante los estudios que el suscribiente de la presente tesis realizó en la Universidad, rara fue la ocasión en la cual se tratara el tema de las relaciones de la química con las diversas ramas del conocimiento humano. Es por ello que el autor consideró conveniente difundir la universalidad de su profesión buscando la interrelación de la misma con una disciplina que se considera tan opuesta y tan carente de carácter científico como pudiera ser el arte. Por eso surge esta tesis.

Este trabajo consta de dos aspectos muy claros y definidos. El aspecto científico, que servirá como marco de referencia para comprender y asimilar a las diferentes manifestaciones humanísticas y el aspecto artístico, que será enfocado desde una perspectiva técnica y científica, universal y nacional.

El aspecto científico está constituido por los siguientes puntos:

A) Un breve estudio acerca de la naturaleza de la luz así como de sus interacciones con la materia para comprender qué es el color y porqué se presenta.

B) Un catálogo de los diferentes materiales que se utilizan en la elaboración de los objetos artísticos.

C) Un panorama de las diversas técnicas de laboratorio empleadas para analizar la constitución de las obras de arte así como para fecharlas, evaluar su autenticidad, conservarlas y, en caso de que se encuentren dañadas, restaurarlas.

El aspecto artístico consta de dos puntos:

A) Un estudio técnico de las diferentes disciplinas particulares (pintura, arquitectura, escultura, cerámica y vidrio).

B) Un panorama nacional de las artes, de su aparición en México y de la evolución y de las aportaciones que el arte mexicano ha dado al Mundo a través de sus casi 4,000 años de historia.

La tarea encomendada es enorme, pero es muy satisfactorio comprender que esta tesis trata de un tema poco explorado y de gran importancia. Pues sólo de la mejor comprensión de los materiales y de las técnicas empleadas en la elaboración de un objeto artístico, así como de los procesos de deterioro y de la manera de combatirlos será posible preservar la enorme herencia cultural del pueblo mexicano para las generaciones venideras.

CAPITULO I: PRINCIPALES RAMAS DEL ARTE  
Y RAMAS ESCOGIDAS.

Las bellas artes se pueden definir como cada una de las actividades humanas que tienen por objeto la expresión de la belleza. Se consideran cuatro tipos diferentes:

A) A. PLASTICAS, cuyos medios representativos son materiales y objetivos.

B) A. LITERARIAS, cuyo medio es la palabra y cuyo efecto es la formación y desarrollo interno de la obra en el lector.

C) A. MUSICALES, cuyos medios son los sonidos y los ritmos.

D) A. DEL MOVIMIENTO, cuyos medios son los movimientos rítmicos.

Muchos autores han realizado clasificaciones de las disciplinas artísticas, de las cuales las más importantes son:

I.- Lessing.

Artes del tiempo: poesía y música.

Artes del espacio: arquitectura, pintura y escultura.

II.- Kant.

Artes de la palabra.

Artes de juego de sensaciones.

Artes figurativas.

III.- Hegel.

Artes simbólicas: arquitectura.

Artes clásicas: escultura.

Artes románticas: pintura, música y poesía.

IV.- Wize.

Artes del tiempo: poesía y música.

Artes del espacio: escultura, pintura, arquitectura y artes menores.

Artes del espacio y del tiempo: danza y pantomima.

V.- Jordan de Urries.

Primer criterio: artes de diseño y artes de las musas.

Artes de diseño: son artes del espacio y pueden ser de dos dimensiones (pintura, artes gráficas, decoración de superficies) y de tres dimensiones (escultura, arquitectura, decoración plástica y arte monumental).

Artes de las musas: las hay del tiempo (música y poesía) y del tiempo y del espacio (mímica y danza).

Segundo criterio: artes imitativas y artes libres.

Artes imitativas: pintura, artes gráficas, escultura, pantomima, mímica drama musical y poesía.

Artes libres: las hay objetivas y subjetivas.

-Artes objetivas: decoración y artes menores.

-Artes subjetivas: poesía lírica y música pura.

La arquitectura según el caso puede pertenecer a cualquier tipo.

Tercer Criterio: artes concretas y artes abstractas.

Artes concretas: son las artes imitativas y la poesía lírica.

Artes abstractas: arquitectura, danza y música pura.

VI.- El autor.

En lo personal al sustentante de la presente tesis se le hace más adecuada la siguiente clasificación:

Artes plásticas.

Artes literarias.

Artes musicales.

Artes del movimiento.

Dentro de las artes plásticas es conveniente hacer una división de acuerdo con el carácter de cada disciplina y considerando los tipos de materiales empleados en su consecución así como las características de la obra de arte terminada. Por ello se propone la siguiente clasificación de las artes plásticas:

Artes nobles: pintura, escultura y arquitectura.

Artes populares.

Durante la Ilustración y el Renacimiento se habló de las "tres nobles artes de la pintura, la escultura y la arquitectura" y por eso se considera tal división sin que ello implique la carencia de tales manifestaciones artísticas con un carácter popular. Respecto a las artes populares conviene subdividir las de acuerdo con el tipo de material empleado.

Las artes populares se dividen en:

-joyería: uso de metales preciosos y gemas

-trabajos metálicos: uso de metales no preciosos y de aleaciones.

-cerámica: barro, arcilla, tierra y lodo.

-mueblería: madera, metal, piedra, materiales sintéticos.

-textiles: fibras vegetales, animales o sintéticas. Incluye los trabajos de tapices, alfombras, gobelinos y ropa.

-vidrio y esmaltes.

-materia orgánica: seda, plumas, cuernos, dientes, marfil, piel, conchas, ceras y huevos.

-otros: papel mache, lacas, materiales sintéticos.

En el presente trabajo se abordan las tres nobles artes con profundidad y se trata a las artes populares de índole inorgánica de una manera global. Así pues la joyería se toca en el subtema "materiales"; los trabajos metálicos, en los subtemas "materiales" y "restauración"; la cerámica, en un apartado de nombre análogo del capítulo "particularidades de las ramas escogidas"; los vidrios y esmaltes, en una parte del capítulo "particularidades de las ramas escogidas" y en el subtema "materiales". Las demás ramas no se estudiarán por considerarse que los materiales que más frecuentemente emplean son de origen orgánico y por lo tanto se salen del contexto de la presente tesis.

CAPITULO II: ALGUNOS ASPECTOS QUIMICOS Y FISICOS  
RELACIONADOS CON EL ARTE.

A) NATURALEZA DE LA LUZ.

Fueron dos las primeras hipótesis que se formularon para explicar explicar la naturaleza de la luz: la hipótesis corpuscular o de Newton y la hipótesis ondulatoria, sostenida por el holandés Christian Huygens.

Según Newton, la luz estaba constituida por numerosos corpusculos que emitían los cuerpos luminosos y que, al chocar con la retina, la impresionaban produciéndose la sensación luminosa.

Huygens por el contrario, opinaba que la luz no era sino un fenómeno ondulatorio semejante al sonido y que su propagación era de la misma naturaleza que la de un frente de onda.

Ambas teorías podían explicar de igual manera los fenómenos luminosos entonces conocidos, esto es, la propagación rectilínea de la luz y la refracción y reflexión de los haces luminosos. Pero cuando más tarde se descubrió que la luz manifestaba otros fenómenos más complejos, como los de interferencia y difracción, característicos de los movimientos ondulatorios, ya no se pudo seguir sosteniendo la teoría de la emisión de corpusculos y se pensó que la luz consistía exclusivamente de ondas.

¿Pero, ondas de qué? , pues para toda onda que se transmite existe un medio que sin propagar la materia, transmite de uno a otro de los puntos el ímpetu y la energía que la onda lleva consigo.

Para poder asimilar las ondas luminosas a otras ondas conocidas, el físico francés Fresnel pensó que el medio que las transmitía era una sustancia elástica imaginaria que sin ser vista llenaba el Universo, a la que le dió el nombre de "éter". Las ondas luminosas serían ondas elásticas transversales del éter. Pero aparte de lo forzado de esta suposición, la consideración del éter como medio de propagación de la luz presentaba el grave inconveniente de que, para poder explicar el alto valor de la velocidad de propagación de la luz en dicho medio y la transversalidad de las ondas, el éter debería presentar propiedades muy contradictorias ya que tendría que ser, simultáneamente, de enorme elasticidad y de pequeñísima densidad, cosa difícil de imaginar.

Esta dificultad fue vencida cuando Maxwell demostró que la luz no era otra cosa que ondas electromagnéticas, con lo cual la hipótesis del éter elástico ya no fue necesaria.

La teoría electromagnética de Maxwell fue confirmada experimental-

mente por Hertz, quién por primera vez produjo ondas electromagnéticas en un laboratorio -ondas hertzianas- únicamente diferenciadas de las ondas luminosas por su mucho mayor longitud de onda.

Más tarde se encontró que las radiaciones térmicas que acompañando a la luz visible emitían los cuerpos luminosos -el Sol, por ejemplo-, juntamente con las que sin ser vistas impresionaban la emisión de una placa fotográfica, eran también ondas electromagnéticas de igual naturaleza que la luz aunque con longitudes de onda respectivamente mayores y menores que aquélla. Por esta razón fueron llamadas radiaciones infrarojas y ultravioletas.

Posteriormente Roentgen descubrió los rayos X, producidos por el frenamiento en el ánodo de un haz de electrones emitidos desde el cátodo de un tubo de vacío después de haber aplicado una diferencia de potencial lo suficientemente alta como para producir la emisión electrónica. Estos rayos son capaces de atravesar cuerpos opacos a la luz ordinaria, teniendo pues mayor energía que ésta. Son ondas electromagnéticas de menor longitud de onda que los rayos ultravioleta.

También los llamados rayos gamma, que se producen en la desintegración de las sustancias radioactivas o en el frenamiento de los electrones de alta velocidad, no son otra cosa que radiación electromagnética de menor longitud de onda que los rayos X.

Entre las ondas hertzianas, que son las que se utilizan en el radio, y las ondas infrarojas existe otro tipo de ondas electromagnéticas llamadas "microondas", que son las que se utilizan para emitir señales de radar.

Todas estas radiaciones, al parecer tan diferentes entre sí tanto por su origen como por sus efectos, tienen una cosa en común que es su naturaleza. Todas son ondas electromagnéticas que se propagan en el vacío a una velocidad de 300,000 km/seg. Todas ellas constituyen lo que se denomina el espectro electromagnético, del cual es el espectro visible o luminoso sólo una pequeña parte (Ver figura 1). La luz blanca es una superposición de ondas electromagnéticas, una para cada matiz, cuyas longitudes de onda varían desde 750 hasta 350 nanómetros/ciclo, desde el rojo hasta el violeta.

Cuando la naturaleza ondulatoria de la luz parecía firmemente establecida, el descubrimiento en 1905 del llamado efecto fotoeléctrico vino a cambiar por completo la situación. El efecto fotoeléctrico consiste en la transformación de energía radiante en eléctrica, cuando un rayo de luz incide en una placa metálica siendo capaz de arrancar de ella un haz de electrones, es decir, de producir una corriente eléctrica. Su aplicación más usual es la llamada celda fotoeléctrica, que transforma las variaciones de

la intensidad de la luz en cambios de una corriente susceptible de medirse en un galvanómetro. Consiste la celda en un bulbo al vacío cuyo cátodo está formado por una lámina metálica de forma semicilíndrica, mientras que el ánodo es un filamento sobre el eje de dicho cilindro. Al incidir la luz sobre el cátodo se produce una corriente eléctrica que al ser detectada por el galvanómetro produce una medida cuantitativa de la cantidad de luz recibida. El mismo principio se aprovecha en los fotómetros, fotocolorímetros, ojos electrónicos, interruptores de alumbrado.

Pero lo más interesante del efecto fotoeléctrico fue la observación hecha por Einstein en 1905 de que la energía cinética de los electrones emitidos no dependía de la intensidad de la luz, como debiera ocurrir si la luz fuese una onda, sino de su frecuencia. Así por ejemplo, la luz verde producía electrones más veloces que los generados por la luz roja.

Esta circunstancia indujo a Einstein a abandonar momentáneamente la teoría ondulatoria de la luz y a adoptar de nuevo una teoría de tipo corpuscular, aunque enteramente diferente a la newtoniana. Einstein supuso que en su interacción con la materia la luz transfería a ésta su energía, no de un modo continuo sino en forma de paquetes individuales llamados fotones, los cuales poseen una energía individual que depende de su frecuencia. Sin embargo, si se quiere explicar la interferencia y la difracción de la luz se le tiene que concebir como formada por ondas y no por partículas. Entonces... ¿qué es un rayo de luz?.

La solución hay que buscarla en una "doble personalidad" de la luz, es decir, pensando al mismo tiempo en ondas y partículas. La luz participa de las propiedades del fotón y de la onda, pero nunca al mismo tiempo. La onda describe su propagación en el tiempo y en el espacio, en tanto que el fotón describe su intercambio de impetu y de energía con la materia. El aspecto corpuscular de un rayo de luz se manifiesta solamente en su nacimiento y en su muerte, en tanto que su vida está regida por el aspecto ondulatorio.

Algo más se debe añadir. En el año de 1924, de Broglie predijo de manera teórica y después comprobó experimentalmente que no sólo la luz sino también las partículas como el electrón, el protón y el neutrón, que eran tenidas por materiales, presentaban una naturaleza doble pues en ciertas condiciones presentaban un carácter ondulatorio. Así, a toda partícula material debería asociarse una onda y esta "onda de materia" era la que predecía el comportamiento de dicha partícula y la hacía, por ejemplo, que se difractara al pasar por un orificio muy pequeño.

Resumiendo lo expuesto se puede llegar a los dos resultados siguientes-

tes:

1°.- La luz posee las características de una partícula (fotón), así como las de una onda (onda electromagnética de Maxwell).

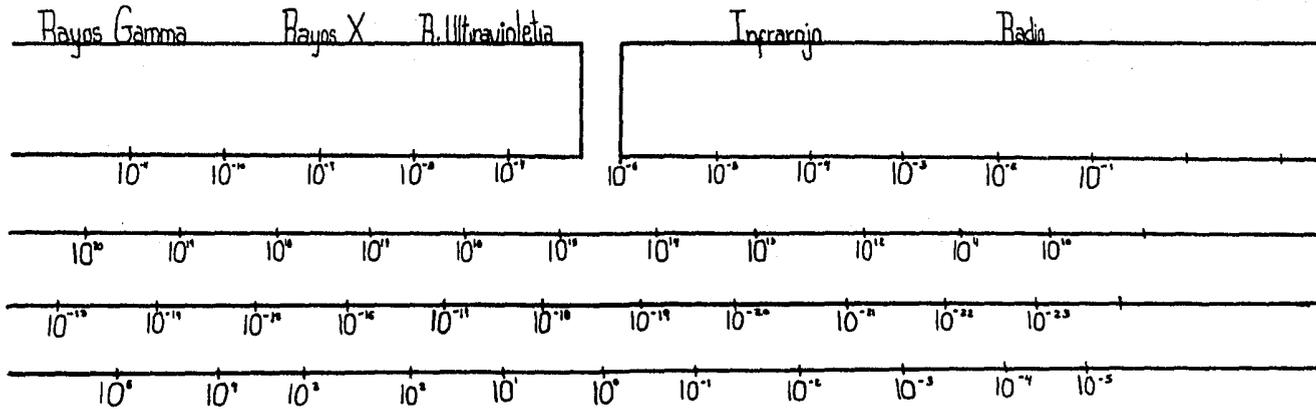
2°.- La materia posee las propiedades de las partículas (electrones, protones y neutrones), así como las de las ondas (ondas de de Broglie).

Sin embargo, la materia y la luz no pueden identificarse por completo pues las ondas de Maxwell son de diferente tipo que las de de Broglie; el fotón no es de la misma naturaleza que el resto de las partículas, aunque sí es muy semejante.

La diferencia principal radica en que los fotones no tienen masa en reposo.

Después de haber hablado de la naturaleza de la luz se pasará a continuación a analizar algunos aspectos importantes referentes al color.

Figura 1 Espectro electromagnetico



## B) LUZ Y COLOR.

La mayoría de los objetos que observamos a nuestro alrededor no tienen luz propia. Ellos son visibles debido únicamente a que reflejan o transmiten parte de la luz que reciben de una fuente luminosa primaria, tal como el Sol o una lámpara eléctrica.

La luz blanca, tal como procede del Sol o de alguna fuente artificial, es una mezcla de radiación electromagnética con longitudes de onda comprendidas en el intervalo de 350 a 750 nanómetros y una distribución de intensidades característica de un cuerpo que emite radiaciones a 6000° centígrados aproximadamente. Cuando la luz incide sobre una superficie pueden suceder tres fenómenos:

A) La luz se refleja sin sufrir cambio de frecuencia.

B) La luz es absorbida y su energía transformada en calor y movimiento

C) En raras ocasiones la luz incidente es reflejada en forma de luz visible de menor frecuencia. Esto es la luminiscencia.

A continuación se examinan las formas más comunes de emisión de luz secundaria.

Los electrones son susceptibles de sufrir pequeñas vibraciones -menores a  $1 \times 10^{-17}$  m- cuando son expuestos a la luz. Las cuales son responsables de todo el color que se percibe al contemplar los objetos.

De acuerdo con la teoría cuántica, la interacción del átomo con la luz sólo ocurre cuando la frecuencia de ésta es tal que la energía de los fotones equivale a la diferencia entre dos niveles energéticos del átomo. Se dice entonces que la luz está en "resonancia" con el átomo. Sin embargo se sabe que el átomo interacciona con luz de cualquier frecuencia, pero esta interacción "no resonante" es más sutil y no puede explicarse mediante saltos cuánticos entre niveles de energía. Estas interacciones son muy importantes pues la mayoría de los procesos relacionados con la apariencia visual de los objetos están basados en la respuesta de los mismos ante la luz no resonante.

Afortunadamente la interacción de la luz con los átomos también puede ser descrita de una forma sencilla si se reemplaza a estos últimos por osciladores electrónicos. Un oscilador electrónico es un sistema en el cual un electrón vibra con una cierta frecuencia ( $\omega_0$ ) que corresponde a una transición desde el estado basal hasta niveles energéticos superiores. Los osciladores representan las frecuencias de resonancia del átomo en su estado basal y se pueden concebir por medio de resortes

que, poseyendo una cierta "fuerza" y un determinado coeficiente de fricción indica la transformación de energía vibracional en otras formas de energía, lo cual será motivo de que el regreso del electrón excitado al estado basal siga una trayectoria distinta a la transición directa que se presenta en ausencia de fricción.

Se pueden obtener buenos resultados considerando a la luz incidente como una onda electromagnética clásica que actúa sobre osciladores electrónicos clásicos cuya selección adecuada incluirá los efectos de la teoría cuántica. La interpretación de los resultados puede considerarse que el paso de una onda de luz a través de un átomo produce una vibración general en el estado basal igual, en tipo e intensidad, a la presentada por los osciladores expuestos a la misma luz. Esta vibración, cuando tiene una amplitud menor que  $1 \times 10^{-17}$  m, es la que reemite la luz mediante la cual se observan los objetos.

La luz proveniente de una fuente luminosa primaria es una mezcla de haces luminosos de diferentes frecuencias. El movimiento de un oscilador expuesto a tal mezcla es la superposición de todos los movimientos que sufriría el oscilador si se expusiera a luz de cada una de las frecuencias componentes. De aquí que todo lo que se necesita conocer para estudiar la influencia de la luz sobre los átomos son los movimientos que sufre un oscilador expuesto a una onda electromagnética de frecuencia específica.

Si una onda electromagnética de frecuencia  $w$  pasa a través de un oscilador electrónico, el campo eléctrico ejercerá una fuerza periódica que originará que el oscilador vibre con una frecuencia  $w$  y no con la suya propia  $w_0$ . La amplitud y el desfase de este movimiento dependen de los valores relativos de  $w$  y  $w_0$  (Ver figura 2). Si  $w$  es mucho menor que  $w_0$ , la oscilación es débil y está en fase con la fuerza directora de la luz. Si  $w$  es mucho mayor que  $w_0$ , la oscilación también es débil pero opuesta a la fase directora. Si  $w$  está en resonancia con  $w_0$ ,  $w = w_0$ , la oscilación es fuerte y está fuera de fase. Esto es que cuando la fuerza directora pasa por un máximo, la oscilación pasa por el punto 0. Solamente en este último caso se puede aplicar el modelo de transiciones simples a otros estados energéticos.

La mayoría de los átomos sencillos (H, C, N, O) presentan resonancias con luz de frecuencia más alta que el visible, en el ultravioleta. Las moléculas sin embargo pueden presentar vibraciones internas, es decir que un átomo vibre con respecto a otro átomo dentro de la misma molécula. Debido a la gran masa de las moléculas las vibraciones tienen frecuencias

muy bajas, en la región del infrarojo. De aquí que algunas moléculas tales como el  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2O$  y  $CO_2$  tengan resonancias en las regiones infraroja y ultravioleta, pero no en la región visible. Sin embargo la luz visible las afecta aunque sean transparentes en esta región. Además, las vibraciones infrarojas serán mucho menores que las ultravioletas debido a la gran masa de las moléculas que vibran. De hecho, las primeras no son realmente oscilaciones electrónicas; ellas son "oscilaciones pesadas", pues representan las vibraciones de los átomos dentro de las moléculas. Debido a lo anterior sólo se consideraran las vibraciones ultravioletas de los átomos u osciladores. Los cuales, al encontrarse bajo la acción de la luz visible experimentarán una fuerza que se halla por debajo de sus frecuencias de resonancia por lo que vibrarán con amplitud casi equivalente para todas las frecuencias del visible.

El color azul del cielo se puede entender en base a todo lo anterior si se toma en cuenta que una carga que vibra con amplitud  $A$  emite luz de intensidad  $I$  en todas direcciones de acuerdo con la expresión:

$$I = 1/3 (e^2/c^3) \omega^4 A^2$$

donde  $e$  es la carga del electrón y  $c$  la velocidad de la luz en el vacío.

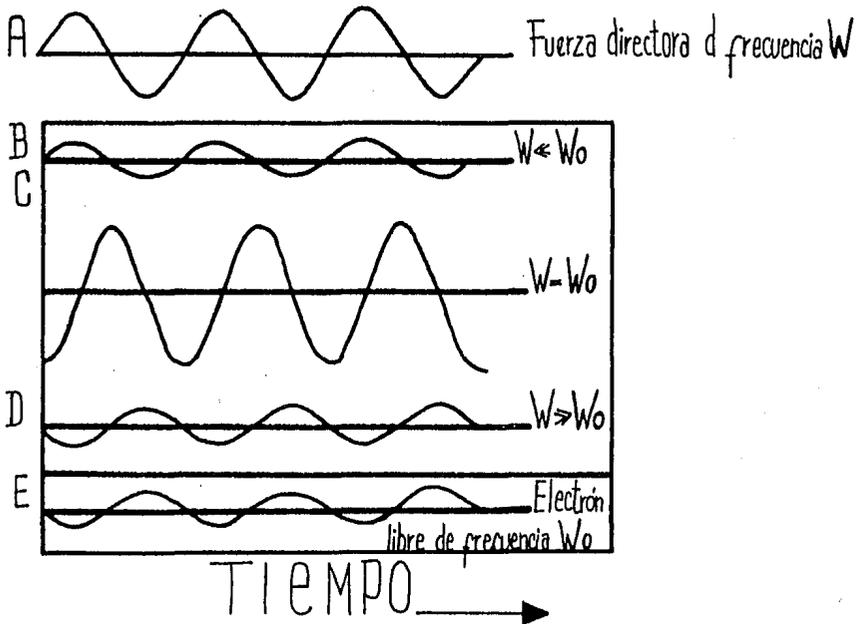
De aquí que las moléculas de aire desprendan radiación predominantemente azul al ser expuestas a la luz solar -la intensidad varía con la cuarta potencia de la frecuencia, por lo que las altas frecuencias se reemiten con mucho mayor intensidad que las bajas frecuencias- fenómeno conocido como dispersión de Rayleigh porque parte de la luz incidente parece ser desviada en otra dirección. Así, al mirar al cielo, se contempla la luz irradiada por las moléculas de aire expuestas a la luz solar.

El fenómeno complementario es el color de las puestas de Sol. Aquí se observan los rayos solares que han viajado largas distancias a través del aire. La luz de alta frecuencia es atenuada en mayor medida que la de baja frecuencia; esto implica que los amarillos y rojos predominan sobre los azules y violetas. El tinte amarillento de las montañas nevadas es un fenómeno similar. Lo anterior es consecuencia de la ley de la conservación de la energía; la energía de la reemisión proviene de la luz solar incidente y, como hay una mayor reemisión a frecuencias altas, se toma una mayor cantidad de energía de la luz solar de alta frecuencia.

Actualmente se sabe que la dispersión de Rayleigh es un fenómeno muy débil, pues cada molécula desvía cantidades extremadamente pequeñas de luz. Por ejemplo, un haz de luz verde tiene que viajar 150 km a través de la atmósfera para reducir a la mitad el valor de su intensidad. Esto explica que se puedan contemplar las montañas a cientos de kilómetros.

Se tratarán

Figura 2.



La resp. de un oscilador a una fuerza directora periodica ilustra la respuesta de los electrones ante la luz. La respuesta de cada oscilador (B,C,D,E) depende de su propia frecuencia de resonancia  $W_0$

- A.- La fuerza directora tiene una frecuencia  $W$
- B.- Cuando  $W_0 > W$  el oscilador esta en fase pero oscila debilmente
- C.- Cuando  $W_0 = W$  la respuesta alcanza un máximo y esta  $90^\circ$  fuera de fase
- D.- Cuando  $W_0 < W$  la respuesta es de nuevo débil y esta  $180^\circ$  fuera de fase, siendo casi identica la respuesta del electrón libre (E).

Se tratarán a continuación los efectos de las ondas electromagnéticas sobre arreglos más o menos ordenados de osciladores, tal es el caso de los sólidos y de los líquidos.

Ante la influencia de la luz incidente cada oscilador emite una onda luminosa. Debido a que los osciladores no se distribuyen al azar, como suele suceder con los gases, las ondas emitidas tienden a interferirse constructivamente en la trayectoria de la propagación de la luz incidente y destructivamente en cualquier otra dirección. En el primer caso, las ondas individuales se suman para formar una onda de gran intensidad llamada la "onda refractada"; en todos los demás casos las ondas individuales tenderán a cancelarse. Si existe un arreglo regular la cancelación es completa. Sin embargo, no puede haber un arreglo totalmente regular a lo largo de un cristal o en el seno de un líquido. Los átomos están siempre vibrando y en los cristales existen imperfecciones. Estas irregularidades originan una débil desviación de la luz que viaja en la dirección de la onda refractada. En el seno del material todas las ondas luminosas diferentes a la débil desviación incoherente se adicionan a una poderosa onda refractada. Sin embargo, esto no sucede cerca de la superficie, en donde hay una delgada capa de osciladores, con profundidad aproximada de media longitud de onda, para la cual la radiación de fondo no se cancela completamente por lo que se forma una "onda reflejada". Ya que los osciladores emiten al unísono, por no hallarse éstos al azar, la intensidad de la luz emitida será alta. En una radiación coherente son las amplitudes y no las intensidades las que se adicionan, por consiguiente la luz solar incidente es reflejada en la superficie de los objetos sin sufrir cambios en su composición espectral. Así se podría explicar la blancura de las nubes, la transparencia del agua, del vidrio y de los cristales de sal, azúcar, cuarzo y similares. Si la luz incide en estas superficies es parcialmente reflejada pero sin preferencia por algún color. El resto de la luz se propaga en su interior como una onda refractada. Es por esto que son incolores. No obstante sus contornos son visibles debido a la reflexión de la luz en sus superficies.

Por otra parte, el agua es transparente debido a que sólo presenta resonancias en el infrarrojo y en el ultravioleta. Sin embargo, ella presenta una débil coloración por sí misma. Esta no es el azul que se observa en la superficie de los lagos y océanos, el cual es un reflejo del azul del cielo. El color intrínseco del agua es un pálido azul verdoso resultante de una débil absorción de la luz roja. Debido a su gran polaridad, la molécula de agua vibra fácilmente cuando se expone a una radiación

infraroja. Estas resonancias son tan fuertes como las que puede presentar al ser expuesta al rojo visible y representan verdaderas absorciones de la luz debido a que la energía del cuanto de luz absorbido se transforma en calor y movimiento. Las resonancias en el rojo visible causan la absorción de la luz roja en el agua. De hecho a una profundidad de 30 m todo se vé verde.

El color azul-verdoso del agua es de un tipo diferente del azul del cielo, pues está producido por la absorción preferencial del rojo y no por la emisión selectiva del azul. Una manera de convencerse de esta sutil diferencia es observar a un objeto blanco debajo del agua, se vé azul-verdoso. Por otra parte, una ladera nevada vista desde lejos se vislumbra amarillenta. En primera instancia la luz roja fue absorbida; y segundo, la luz azul fue desviada.

La mayoría de los colores se deben a una absorción preferencial: el color de las hojas, flores, mariposas, esmeraldas, rubíes y toda la gama completa de pinturas y tintas. ¿Qué explica la absorción preferencial para tan amplio rango de sustancias y objetos? La mayoría de los átomos sólo presentan resonancias en el ultravioleta y en el infrarojo. El orden de magnitud de la energía de excitación requerida para producir resonancias en el visible es de 1.5 a 3.0 electrón-voltios. Estos valores son muy pequeños para producir excitaciones electrónicas y muy grandes para producir vibraciones moleculares. Sin embargo hay moléculas que presentan resonancias en el visible. Son átomos con varios electrones en capas incompletas y compuestos colorantes orgánicos. Tales átomos pueden ser excitados con el consiguiente reacomodo electrónico de las capas incompletas, lo que requiere de energías de excitación menores que las necesarias para la promoción a las capas superiores. Los colorantes son moléculas específicas en las cuales los electrones se mueven libremente a lo largo de las mismas, por lo que se encuentran diseminados sobre distancias más largas que en los átomos y moléculas ordinarios. Los estados excitados en estos sistemas son de menor energía que en los átomos normales pues al aumentar los recorridos electrónicos aumenta su longitud de onda y disminuye la frecuencia, con el consecuente abatimiento de las energías de excitación. Dos requisitos más se requieren para que una sustancia sea un colorante: primeramente se debe constatar que el cuanto de luz sea absorbido y transformada su energía en calor y movimiento; y segundo, las frecuencias de resonancia deben distribuirse sobre un amplio intervalo. Una tinta con bandas angostas de absorción refleja la mayoría de las longitudes de onda y es parcialmente blanca. En los líquidos y sólidos, los niveles ener-

géticos están expandidos formando amplios intervalos de frecuencias en los que se presentan resonancias. Así, por ejemplo, una tinta roja absorbe todas las frecuencias de la luz visible excepto las del rojo. La absorción de una tinta incluye a la totalidad del espectro visible excepto la parte del color del material. A pesar de que el blanco es la suma de todos los colores, si se prepara una mezcla de tintas de todos los colores se origina el color negro. Esto se debe a que las sustancias coloridas funcionan por sustracciones de componentes del espectro. Por esto una mezcla de tintas de colores rojo, verde y azul absorbera todas las longitudes de onda del visible y será virtualmente negra.

Un efecto colorido simple e impresionante es el logrado en un vitral. Cuando la luz llega a un vitral es parcialmente reflejada en su superficie, tal como si se tratara de un vidrio. La parte de la luz que penetra al seno del vidrio -la onda refractada- está expuesta a los efectos de absorción de las tintas del vitral. Solamente la luz que no es absorbida pasará a través del vidrio. El color del mismo es menos fuerte cuando se mira la cara iluminada. La reflexión de la superficie es prácticamente incolora; el principal color que se observa es el de la luz que penetró en el vidrio y fue reflejada en la segunda superficie.

Un buen ejemplo de la acción de las tintas sobre los objetos ordinarios es una hoja de papel teñida. La pintura tiene como fin el que las fibras de papel se impregnen de colorante. Cuando la luz blanca llega al papel es refractada y reflejada muchas veces antes de regresar al observador. Mientras la luz penetra las fibras, la tinta absorbe una parte de ella. El mejor efecto colorido se logra cuando el poder reflectante de la fibra no es muy poderoso, de tal manera que la mayoría de la luz incidente penetre. Así las pinturas de agua son de colorido más intenso cuando el papel está húmedo. El agua reduce las diferencias en la refracción entre los intersticios y las fibras, abatiendo por consiguiente la reflexión en la superficie de las fibras.

Finalmente se tratará el fenómeno llamado luminiscencia, consistente en una emisión luminosa que no puede atribuirse exclusivamente a la temperatura del emisor. Existen dos manifestaciones principales:

La fluorescencia, que es una emisión cuyo resplandor tiene una duración que es independiente de la temperatura, y la fosforescencia, cuyo resplandor posee una duración que decrece con un incremento de temperatura.

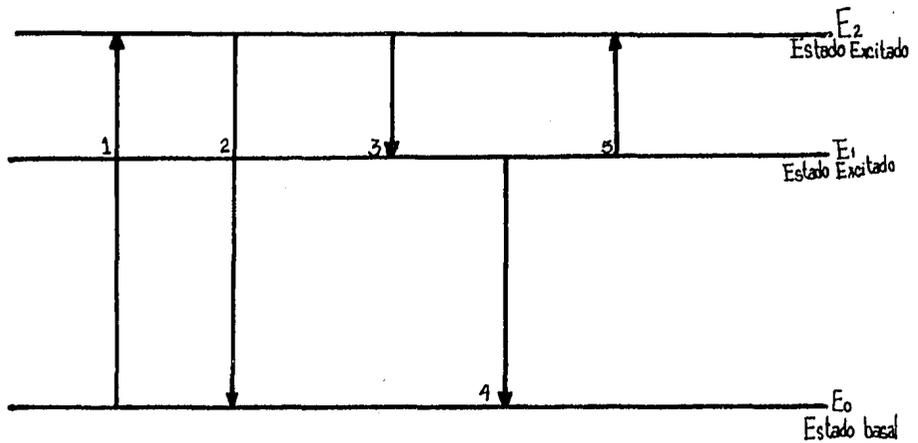
La luminiscencia puede consistir de una radiación en cualquier zona del espectro electromagnético y es un fenómeno que no es exclusivo de un estado particular de la materia. Para explicar los procesos que la origi-

nan es conveniente considerar el caso de un átomo gaseoso en el cual, de acuerdo con la teoría cuántica, se pueden encontrar ciertos niveles energéticos denotados por  $E_0$ , al estado basal, y  $E_1, E_2, E_3$ , a los demás niveles en orden creciente de energía. Consideremos a  $E_1$  como un estado metaestable entre  $E_0$  y  $E_2$ . (Ver figura 3). La transición electrónica entre  $E_0$  y  $E_2$  involucra la absorción de una cantidad de energía  $DE = E_2 - E_0$ , y si es proporcionada por la luz se requiere que la cantidad de fotones absorbidos,  $E_{abs}$ , sea igual a  $DE$ . Por tanto la frecuencia de la luz excitante será  $\nu = E_{abs}/h$ , y la longitud de onda de la misma  $\lambda_{abs} = hc/E_{abs}$ , donde  $h$  es la constante de Planck,  $6.6262 \times 10^{-27}$  erg-seg, y  $c$  es la velocidad de la luz en el vacío. Al regresar el electrón excitado al estado basal, la energía previamente absorbida es emitida en forma de una radiación de longitud de onda igual a la de la luz absorbida,  $\lambda_{abs} = \lambda_{emi}$ , es decir, se trata de una radiación resonante.

Si se excita a un gran número de átomos y posteriormente se retira la fuente de excitación, la intensidad de la luminiscencia decrece exponencialmente con el tiempo:  $I_t = I_0 e^{-t/T_1}$ , donde  $I_t$  es la intensidad de la luminiscencia a tiempo  $t$ ;  $I_0$  es la intensidad original;  $T_1$  es el tiempo promedio requerido para que un átomo realice una transición luminiscente espontánea.  $T_1$  es independiente de la temperatura y en este punto se basa la definición de fluorescencia. Si la transición  $E_0-E_2$  es altamente probable  $T_1$  es muy pequeño  $\sim 10^{-8}$  seg- para los casos en que se involucre luz visible. Si existe una pérdida de energía en el sistema el electrón puede pasar del estado  $E_2$  al nivel  $E_1$ . Si la transición  $E_1-E_0$  es posible aparecerá el fenómeno de fluorescencia pero con una longitud de onda mayor que la de la radiación resonante, pues  $\lambda_{emi} = hc/(E_1-E_0)$  y  $(E_1-E_0)$  es menor que  $E_{abs} = (E_2-E_0)$ . Si por el contrario la transición  $E_1-E_0$  es altamente improbable  $E_1$  será un estado metaestable en el cual podrá permanecer por largo tiempo hasta que algún agente externo lo regrese a  $E_2$ . Al regresar a este nivel puede ocurrir la fluorescencia. Mientras el electrón permanece en  $E_1$  emite una luz muy tenue y esto es la fosforescencia. Su duración está en función de la temperatura. A altas temperaturas la velocidad de retorno del electrón a  $E_2$  es rápida y el resplandor es de corta duración. Si la temperatura es baja sucede lo contrario y se observa un resplandor de larga duración pero corta intensidad. En esto se basa la definición de fosforescencia.

Muchos fenómenos relacionados con el color no han sido tratados aquí. Se ha hablado sólo de algunos de los aspectos que son comunes de los objetos coloridos que se relacionan con la tesis tratando que sean una introduc-

Figura 3- Representación esquemática de las transiciones electrónicas en un átomo gaseoso



- 1- Excitación;
- 2- Emisión de luminiscencia resonante;
- 3- Transición a un estado de menor energía con emisión de radiación;
- 4- Emisión luminiscente, si la transición  $E_1 \longrightarrow E_0$  es permitida; si no es permitida la transición 4 no puede ocurrir y  $E_1$  sería un estado metaestable;
- 5- Estimulación del electrón para que regrese al estado emisor.

ción al campo de los procesos ópticos que ocurren en la superficie de los objetos cuando son percibidos por el ojo humano.

## C) MATERIALES.

### ELEMENTOS NATIVOS.

Con la excepción de los gases que se encuentran libres en la atmósfera, sólo cerca de veinte elementos pueden encontrarse en su estado nativo. Estos elementos se dividen en (1) metales; (2) semi-metales; y (3) no metales. Los metales nativos son oro, plata, cobre, platino, iridio, fierro, osmio, mercurio, plomo, paladio, tántalo y estaño. Se consideran como metales nativos a las disoluciones sólidas de tales elementos como el electrum (Ag, Au) y las amalgamas (Ag, Hg). Los semi-metales nativos son el arsénico, antimonio y bismuto. Los no metales más importantes son el carbono, en las formas de grafito y diamante, azufre, selenio y telurio.

Los siete metales conocidos por los antiguos, en orden alfabético, fueron: cobre, estaño, fierro, mercurio, oro, plata y plomo. Esencialmente el oro y la plata se utilizaron con fines ornamentales, al igual que el diamante y las piedras preciosas, aunque también se utilizaron en la fabricación de monedas. El fierro es uno de los metales más abundantes pero debido a su gran actividad no se encuentra libre en la naturaleza, a excepción de las "pepitas de fierro" de origen celeste. Las pepitas son fragmentos de un planeta situado entre Marte y Júpiter que al explotar formó el anillo de asteroides y cuyos fragmentos bombardearon la Tierra. Trocitos de fierro-níquel, de indudable origen celeste, han aparecido en tumbas egipcias que datan de 3,500 años A.C.

Tanto el oro como la plata y el fierro se descubrieron debido a que aparecían en forma de pepitas, pero algo antes del año 3,500 A.C. ocurrió el verdadero descubrimiento de la metalurgia al observarse que aparecían pepitas de cobre entre las cenizas de un fuego encendido sobre una piedra azul. Los hombres ya no buscaban exclusivamente pepitas sino también las menas, concentración de minerales que al calentarse daban el metal. El cobre puro servía para hacer ornamentos y algunos utensilios, pero para otros fines era demasiado blando. Pero entonces hubo de ocurrir otro descubrimiento casual. Las menas de estaño podían tratarse de casi igual forma que las de cobre y si algunas contenían ambos metales a la vez, el metal mixto era mucho más rígido y duro que el cobre puro. Esta fue la primera aleación hecha por el hombre y se le llamó bronce. Con él se fabricaban armas de guerra. Así se inició la "edad de bronce" que en el Medio Oriente comenzó hacia el año 3,500 A.C. y duró algo más de 2,000 años.

Cuando el bronce parecía el metal bélico más importante surgió otro

metal más duro y rígido que él y potencialmente mucho mejor para fabricar armas y herramientas: el fierro o hierro.

El descubrimiento del fierro se retrasó no por la escasez de su mena sino porque las técnicas que bastaban para obtener cobre metálico no servían para el fierro y el que conseguían extraer estaba plagado de burbujas gaseosas que lo hacían quebradizo.

Se precisaban técnicas especiales que exigían llamas sumamente calientes y carbones de alta calidad. Aún conseguidas las temperaturas que bastaban para fundir el fierro, expulsar las burbujas y prepararlo en forma pura, se obtenía un producto decepcionante pues no admitía filos tan agudos ni era tan duro como las pepitas meteóricas. La diferencia radicaba en el níquel que contenían las pepitas, que era un metal desconocido en la antigüedad. Pero después se desarrollaron los métodos para la obtención de un tipo de acero no controlado mediante la utilización de algo de carbón combustible. El descubrimiento se realizó hacia el año 1,500 A.C. en el reino de Urartu (Ararat) que era dominado por los hititas, los cuales fueron dominados por una combinación de guerra civil e invasiones extranjeras antes de que convirtieran al fierro en un instrumento de conquista mundial. La caída de los hititas sobrevino poco después del 1,200 A.C. y su secreta tecnología del fierro pasó a Asiria. Los asirios fueron desarrollando la industria del fierro en una manera sin precedentes y hacia el año 800 A.C. ya sacaban a campaña un ejército completamente férreo. Almacenaban los lingotes de fierro como ahora se almacenan los de uranio y durante 200 años se llevaron todo por delante, fundando el mayor imperio conocido, hasta que sus víctimas aprendieron a su vez la tecnología del fierro.

No se sabe con certeza la fecha del descubrimiento del plomo, lo que sí se sabe es que es muy lejana. El plomo se utilizó como lastre, como auxiliar en la fabricación de monedas, en combinación con el estaño en la producción de vajillas y utensilios de peltre y finalmente, en la fabricación de tuberías. Los compuestos de plomo son altamente venenosos y acumulativos. En ciertas condiciones, ínfimas cantidades del plomo de las cañerías se pueden disolver en el agua y la hacen sumamente tóxica durante largos períodos. Por eso recientemente se ha sugerido que el imperio romano cayó, en parte el menos, porque Roma sufrió la intoxicación crónica por plomo llamada "saturnismo".

El mercurio fue el último de los primeros siete metales en descubrirse pues se le confundía con otros metales. Aristóteles lo llamó "plata líquida". Lo que ocasionó su descubrimiento fue el brillante color de una

de sus menas más importantes, el cinabrio ( $\text{HgS}$ ), que tiene un color rojo brillante y que puede utilizarse como pigmento con el nombre de "bermelión". De los siete, fue el metal más exótico y el menos utilizado en aplicaciones prácticas; era una "curiosidad de laboratorio".

Durante la Edad Media los alquimistas lo consideraron como materia prima para la obtención de oro y emprendieron numerosos trabajos con este metal, lo que ocasionó muchas muertes por envenenamiento. En épocas más recientes se le comenzó a utilizar como componente de una gran variedad de dispositivos científicos como termómetros y barómetros.

### MINERALES.

Un mineral puede definirse como cualquier elemento o compuesto químico que aparece en la naturaleza y que se formó mediante procesos inorgánicos. Esta definición elimina a los productos de laboratorio y a las sustancias formadas mediante agentes orgánicos. Se pueden clasificar a los minerales de acuerdo a sus usos en los siguientes grupos: (1) gemas minerales; (2) minerales ornamentales; (3) cal, yeso y cemento; (4) pigmentos naturales; (5) cerámica, vidrios y esmaltes; (6) abrasivos; (7) fundentes; (8) refractarios; (9) fertilizantes; (10) componentes de aparatos ópticos y científicos; (11) menas metálicas; y (12) materiales para la industria química. Debido a los objetivos de la tesis sólo se tratarán los primeros cinco puntos.

#### (1) GEMAS MINERALES

Las propiedades físicas de los minerales que los convierten en gemas son su color, brillo, capacidad de dispersar la luz y su dureza. El valor de la gema se puede atribuir a una o a varias de tales propiedades. Las piedras preciosas son las gemas que las poseen todas y por eso se cotizan más alto que el resto del grupo y son el diamante, el rubí, el zafiro y la esmeralda. Las gemas deben ser además relativamente escasas, pero sólo lo suficiente para que puedan cubrir la demanda que de ellas se haga. Su aplicación es esencialmente ornamental.

Las principales gemas minerales son el diamante, el corindón, el berilo, la espodumina, la turmalina, la espinela, el crisoberilo, el granate, el topacio, el circón, el ópalo, la olivina, la turquesa y el cuarzo.

EL DIAMANTE es una forma alotrópica del carbono y durante siglos se ha considerado como la gema más valiosa. Hasta fines del siglo XVIII

los diamantes se obtenían mayoritariamente de las minas de la India. Por esos años se descubrieron grandes yacimientos en Brasil y este país se convirtió en el primer productor mundial, lugar que ocupó hasta poco después de 1867 año en que se descubrieron minas muy importantes en Sudáfrica, que en la actualidad es el productor principal. La mayoría de los diamantes usados como gemas son incoloros, pero existen ejemplares de tonalidades rojiza, azul, verde y amarilla.

EL CORINDÓN es el nombre por el que se conoce al  $\text{Al}_2\text{O}_3$  que es un óxido muy insoluble. Presenta dos variedades principales que se diferencian por el color: el rubí, que es rojo y el zafiro que es azul, aunque todas las variedades que no son rojas se conocen como zafiros. El rubí más valioso es el que tiene una coloración rojo púrpura. Los más finos rubíes provienen de Burma, Siam y Ceilán. Se pueden conseguir zafiros de buena calidad en Siam y en Kashmir, India. En los últimos años se han preparado rubíes y zafiros sintéticos cuya belleza rivaliza con los naturales.

EL BERILO es un silicoaluminato de berilio de fórmula condensada  $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ ;  $(\text{BeO}; \text{Al}_2\text{O}_3; \text{SiO}_2)$ . De acuerdo con su coloración toma los siguientes nombres: esmeralda (verde); aguamarina (azul-verdosa); morganita (rosada) y berilo dorado (oro-amarilla). Las esmeraldas son las más cotizadas -llegando incluso a ser más caras que un diamante de tamaño correspondiente- y provienen principalmente de Colombia, aunque hay buenos yacimientos en los Montes Urales. Las demás variedades se encuentran en Minas Geraes, Brasil; en Madagascar; en los Montes Urales y en Estados Unidos.

LA ESPODUMINA es un silicoaluminato de litio de fórmula condensada  $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ ;  $(\text{Li}_2\text{O}; \text{Al}_2\text{O}_3; \text{SiO}_2)$ . Presenta dos variedades: la hidenita (verde-esmeralda), que se encuentra en Carolina del Norte; y la cuncita (rosa a lila), que se obtiene en California y en Madagascar.

LA TURMALINA es un silicato complejo de boro y aluminio cuya composición está expresada mediante la fórmula general

$$\text{WX}_3\text{B}_3\text{Al}_3(\text{AlSi}_2\text{O}_9)_3(\text{O}, \text{H}, \text{F})_4$$
donde  $W = \text{Ca}^{2+}, \text{Na}^+$  y  $X = \text{Fe}^{3+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Li}^+$ . Las variedades más importantes son la rubelita (roja a rosa); la indicolita (azul oscura) y la esmeralda brasileña (verde) o turmalina. Se encuentran yacimientos en la isla de Elba; en Madagascar; en el suroeste de Africa; en Brasil y en Estados Unidos.

LA ESPINELA es un mineral de fórmula condensada  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ;  $(\text{MgO}; \text{Al}_2\text{O}_3)$  Se presenta en muchos colores -rojo, rosa, amarillo, púrpura y azul-, siendo la variedad rojo oscuro o espinela-rubí la más importante. La mayor parte de las espinelas son originarias de Ceilán, de Burma y de Siam. Actualmente se fabrican espinelas indistinguibles de las naturales.

EL CRISOBERILO es un aluminato de berilio de fórmula condensada  $\text{BeAl}_2\text{O}_4$ ;  $(\text{BeO}; \text{Al}_2\text{O}_3)$ . Se presenta en dos variedades: la alejandrita, de color verde esmeralda a la luz solar y roja ante la luz artificial; y el cimofán u ojo de tigre, de brillo opalescente y con un angosto haz de luz que juega a través de su superficie. La alejandrita es originaria de los Montes Urales y de Ceilán, mientras que el cimofán se localiza en Ceilán y en Brasil.

Los granates forman una familia de compuestos de fórmula general  $\text{R}_3\text{R}_2''(\text{SiO}_4)_3$ ; donde R'' puede ser  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Mn}^{2+}$ ; mientras que R'' puede ser  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Ti}^{3+}$  y  $\text{Cr}^{3+}$ . Varios tipos de granates se utilizan como gemas siendo las más importantes el piropo rojo  $(\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3)$  y la almandita  $(\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3)$ , pero como son muy abundantes no alcanzan un alto precio. La andradita verde o demantoide  $(\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3)$  tiene un gran poder dispersor que le confiere una hermosa apariencia. En muchas partes del mundo se encuentran granates rojos de calidad, mientras que el demantoide verde se encuentra casi exclusivamente en los Montes Urales y en Hungría.

EL TOPACIO es un fluorosilicato de aluminio de fórmula condensada  $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F}, \text{OH})_2$ . Presenta muchas variedades coloridas de las cuales las de color café-dorado, azul pálido, rosa y vino-amarillo son utilizadas como gemas, siendo la última la más preciada. El topacio incoloro es muy común y de poco valor. De las demás variedades existen buenos yacimientos en Brasil y en los Montes Urales.

EL CIRCON es un silicato de circonio de fórmula  $\text{ZrSiO}_4$  y cuyas variedades amarilla, roja y café se conocen con el nombre de hiacinta. A las demás variedades coloridas se les denomina jargón. El color azul de algunos ejemplares se produce mediante un tratamiento térmico. El circón posee un alto índice de refracción que le confiere un lustre y un brillo que le permiten competir favorablemente con el diamante. La mayor parte de los ejemplares provienen de Indochina.

EL OPALO es el dióxido de silicio hidratado,  $\text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$ . Es un gel mineral poco soluble y que reacciona como el cuarzo. Su valor radica en la propiedad que presentan algunas variedades de descomponer la luz en sus componentes, lo que le confiere un hermoso juego de colores. Las especies que presentan tal propiedad se conocen con el nombre de ópalo precioso y se localizan en Australia, Honduras, México y los Estados Unidos.

LA OLIVINA es un silicato de fierro y magnesio de fórmula general  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$ . La variedad verde olivo se conoce como peridoto y proviene de la isla de San Juan, en el Mar Rojo.

LA TURQUESA es un fosfato básico de aluminio de fórmula general  $Al_2(OH)_3PO_4 \cdot H_2O$ ;  $(Al_2O_3; P_2O_5; H_2O)$ . Presenta matices verdes y azules, siendo el color azul el más apreciado. La mayor parte de las turquesas finas proviene de Persia, aunque hay buenos yacimientos en los Estados Unidos.

EL CUARZO es el dióxido de silicio,  $SiO_2$ . Muchas de sus variedades se utilizan como gemas, siendo la mayoría de ellas no muy caras. Algunas de las variedades cristalinas burdas son: el cristal de roca (incoloro); la amatista (púrpura o violeta); el cuarzo ahumado (café oscuro a negro); el cuarzo rosa (rosa); el cuarzo rutilante (con finas agujas de rutilo) y la venturina (con brillantes escamas de hematita o de mica).

Las principales variedades de cuarzo criptocristalinas son: carne-lian (calcedonia roja); crisoprasa (calcedonia verde con manchas rojas); ágata (calcedonia abigarrada con bandas curvas o concéntricas); ónix (parecida al ágata pero con capas coloridas y paralelas).

## (2) MINERALES ORNAMENTALES.

El número de minerales empleados con motivo ornamental es muy grande y muchos de ellos sólo tuvieron un uso local, por ejemplo el tezontle, en México. A continuación se hablará de los materiales ornamentales de uso general.

Los principales minerales ornamentales son la calcita, la serpentina, la malaquita, la lazurita, el feldespato, la rodonita, el yeso, el jade y el ágata.

LA CALCITA es el carbonato de calcio,  $CaCO_3$ . Las principales variedades ornamentales de la calcita son el mármol, el mármol ónix y el travertino. El mármol es una piedra caliza recristalizada y generalmente burdamente granulada. Sin embargo el mármol comercial es una roca de carbonato de calcio que tiene un pulimiento. Algunas variedades poseen vetas coloridas que le confieren un aspecto placentero al material pulido. El uso principal del mármol es para la decoración de interiores como pisos, alfarjes y rodapiés. Se utiliza en la fabricación de columnas, de tablas de mesas, de estatuas y de equipo sanitario. Existen yacimientos en todo el mundo pero vale la pena destacar el de Carrara, en Italia. El mármol ónix u "ónix mexicano" es un material calcáreo con bandas. Tiene usos similares a los del mármol pero se emplea además para pisapapeles, bases de lámparas, portaplumas y otros objetos pequeños. El travertino es un material calcáreo poroso cuyo principal uso es en la decoración de edificios públicos. Italia es el mayor productor y su travertino se ha empleado durante siglos.

LA SERPENTINA es un silicato de magnesio hidratado de fórmula general  $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ ;  $(MgO;SiO_2;H_2O)$ . Se le conoce como "mármol verde antiguo" y se utiliza para la decoración de interiores. Generalmente es de color verde amarillento y frecuentemente tiene una apariencia jaspeada. Los Montes Apalaches albergan grandes yacimientos.

LA MALAQUITA es un carbonato básico de cobre de fórmula general  $Cu_2CO_3(OH)_2$ ;  $(CuO;CO_2;H_2O)$ . Su uso con fines ornamentales se ha restringido a Rusia. Generalmente se serucha en películas delgadas que se utilizan en trabajos de taraceado en mesas, jarrones y objetos pequeños. Raro es su uso en la decoración de interiores.

LA LAZURITA es un mineral de fórmula  $Na_3Al_3Si_3O_{12}$  y es el principal componente del lapislazuli, muy estimado por su profundo color azul. Se ha utilizado desde los tiempos antiguos para la fabricación de ornamentos pequeños y para el taraceado. Hay yacimientos importantes en Afganistán, en Chile y en Siberia.

LOS FELDESPATOS forman uno de los más importantes grupos de minerales. Son silicoaluminatos de potasio, sodio, calcio y raramente de bario. Algunos de ellos presentan en su superficie un hermoso juego de colores que los hace adecuados para fines ornamentales. Esta propiedad la muestra la labradorita, de la península del Labrador y la anortoclasa, de Noruega. Se utilizan ampliamente para la decoración de edificios públicos.

LA RODONITA es un silicato de manganeso de fórmula  $MnSiO_3$ ;  $(MnO;SiO_2)$ . Debido a su hermosa coloración rosa se utiliza como mosaico en tablas de mesas, jarrones y objetos pequeños. Poco se ha usado en la decoración de interiores. Rusia posee grandes yacimientos.

EL YESO es el sulfato de calcio hidratado de fórmula  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ . Se utilizan dos de sus variedades con fines ornamentales: la fibrosa y extremadamente blanda, el espato lustroso, en joyería barata y la granular, alabastro, en la fabricación de estatuas y objetos labrados. La mayoría del alabastro se extrae y esculpe en Italia.

El término JADE se aplica a dos minerales, la jadeita (un piroxeno) y a la neferita (un anfíbol). La jadeita es un silicoaluminato de sodio de fórmula  $NaAlSi_2O_6$ ;  $(Na_2O;Al_2O_3;SiO_2)$ . La neferita es una variedad de la tremolita,  $Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$ . Ambos materiales son muy tenaces y varían su coloración desde el blanco hasta el verde. El jade se ha utilizado desde los tiempos prehistóricos para la fabricación de armas, ornamentos y utensilios. También se ha empleado en la construcción de campanas y placas sonoras. En China el jade se cotiza por encima de todas las piedras preciosas y se labra en hermosas formas. La jadeita se encuentra en Burma, en el

Tíbet y en China. La nefrita se obtiene en China, en Siberia y Nueva Zelanda

EL AGATA es una variedad criptocristalina y fibrosa del cuarzo,  $\text{SiO}_2$  que presenta capas alternadas de calcedonia y de ópalo. El ágata musgo es una variedad en la cual se presentan variaciones de color por la presencia de impurezas visibles, casi siempre óxidos de manganeso. El ágata se utiliza en la fabricación de objetos pequeños como botones, portaplumas, abrecartas y tinteros. Frecuentemente muestra bandas concéntricas que varían de color y textura. Su color natural no es muy atractivo debido a lo cual se colorea artificialmente. La variedad camafeo es un corte de ónix de bandas paralelas planas. La industria del ágata se desarrolló primeramente en Alemania, donde es muy abundante. Actualmente la mayoría del ágata proviene de Brasil y Uruguay, pero se corta en Alemania.

### (3) CAL, YESO Y CEMENTO.

La piedra caliza, constituida principalmente de calcita, es el principal componente de la cal y de la mayoría de los cementos y en ambas industrias se le utiliza como la principal materia prima. En algunos casos se utiliza también la dolomita. La manufactura de la cal incluye la trituración, tamizado y calcinación de la piedra caliza. Mediante la calcinación se libera  $\text{CO}_2$  conforme a la reacción:



El CaO resultante recibe el nombre de cal viva y cuando se pone en contacto con el agua reacciona exotérmicamente produciendo la cal apagada o  $\text{Ca(OH)}_2$  de acuerdo con:



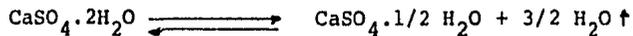
La cal tiene muchos y muy variados usos. Cerca de un 10% de la producción se utiliza como acondicionador de la acidez del suelo. Cerca de un 20% se emplea en la industria de la construcción como mortero, argamasa, estuco, concreto y encolados. Varios procesos físicos y químicos absorben el 70% restante, siendo los más importantes los metalúrgicos, los de purificación de agua, los de manufactura de vidrio y los de curtido de pieles.

El cemento es una sustancia pulverulenta susceptible de formar con el agua pastas blandas que tienen la propiedad de endurecerse al tener contacto con el aire o agua y que se emplean para unir los elementos de las construcciones. Se dividen en naturales y artificiales. Los naturales son el cemento Portland y el cemento romano o puzolánico. Los artificiales son el cemento tipo Portland y el cemento tipo puzolánico. El cemento ro-

mano se obtiene calcinando margas calizas o dolomitas que contengan menos de 76% de  $\text{CaCO}_3$ . El cemento Portland natural se produce calcinando margas que contengan una proporción adecuada de cal y arcilla. Actualmente se puede decir que sólo se emplean en la construcción cementos artificiales tipo Portland, cuya fabricación constituye una industria muy importante a nivel mundial. La fabricación de los cementos artificiales se inicia a mediados del siglo XVIII y la del cemento tipo Portland hacia 1780, fecha en que por primera vez se obtuvo en Inglaterra un producto preparado mediante la cocción de una mezcla de roca caliza y tierra arcillosa que, reducida a finísimo polvo y empastado con agua se transformaba, al cabo de un breve lapso, en una masa pétreo de consistencia muy dura, semejante a la piedra de construcción que abunda en la isla de Portland. Esta industria adquirió un desarrollo notable a partir de 1844, fecha en que Johnson puso en evidencia la gran importancia que tiene calentar la mezcla que constituye al cemento hasta la fusión incipiente de la misma. Pero el verdadero desarrollo de la industria del cemento comenzó a principios de este siglo cuando su fabricación perdió el carácter empírico que siempre había tenido pues, mediante las investigaciones realizadas por los químicos, se fijó la proporción exacta -una parte de cal por media parte de arcilla ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ )- con la cual se deben mezclar las materias primas y las temperaturas -de 1,400 a 1,450°C para el cemento tipo Portland y de 780 a 800°C para los otros tipos- a las que se deberían calentar las mismas para obtener un producto con las características deseadas. Como consecuencia de las altas temperaturas los materiales se convierten en sustancias complejas como adita, belita, celita y felita, que son silicoaluminatos de composición variable. En los cementos artificiales se denomina índice de hidraulicidad al cociente de las sustancias hidrolizantes ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) entre los óxidos alcalinotérreos ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ), todas en unidades de masa. Se excluyen a los óxidos alcalinos porque se encuentran en cantidades mínimas. Para obtener un buen producto el valor del inverso del índice de hidraulicidad debe oscilar entre 1.8 y 2.2 (adimensional). Tal condición es necesaria pero no suficiente pues debe complementarse con un valor del módulo de silicio ( $\text{SiO}_2 / [\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3]$ ) comprendido entre 2 y 3 y con el valor más grande posible del módulo de fundentes ( $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Los cementos con módulo de hidraulicidad bajo se denominan lentos pues fraguan al cabo de 10 horas, adquieren resistencia suficiente al cabo de 8 días y continúan endureciéndose durante meses. Cuando los cementos poseen un valor alto de dicho módulo se denominan rápidos pues fraguan al cabo de 2 o 3 minutos. El fraguado y endurecimiento con agua se debe a la

formación de cristales de  $\text{Ca(OH)}_2$  que envuelven a los hidratos de aluminio que se forman al contacto con el agua. Por otra parte se forman silicatos y aluminatos de calcio que quedan ocluidos en la masa gelatinosa del hidrato de aluminio y que contribuyen al proceso de endurecimiento.

El yeso es el sulfato de calcio hidratado,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Tiene la propiedad de endurecerse rápidamente cuando se amasa con agua y por ello se utiliza en la fabricación de esculturas y en la industria de la construcción. Para poder endurecerse el yeso debe ser previamente deshidratado por calentamiento a  $120^\circ\text{C}$  de acuerdo a la reacción:



El yeso crudo se utiliza como un retardador en la fabricación de cemento Portland.

#### (4) PIGMENTOS NATURALES.

La mayoría de los pigmentos utilizados en la coloración del yeso, del hule, del linóleo, de las telas, de la madera, son materiales producidos o manufacturados. Sin embargo, unos cuantos minerales en su estado nativo pueden ser utilizados como pigmentos después de un proceso previo de purificación y concentración. Los más importantes son la limonita y la hematita.

LA LIMONITA es un mineral constituido principalmente por  $\text{FeO(OH)}$  con algo de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , ambos hidratados. Constituye los pigmentos naturales de color café y amarillo. El color amarillo ocre es una mezcla de limonita con arcilla y sílice. Mientras mayor cantidad de óxido de fierro contenga la limonita más oscuro será su color.

LA HEMATITA es un mineral compuesto principalmente por óxido férrico,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Es el pigmento rojo natural que debido a impurezas presenta varios matices. Las variedades blandas, tanto de hematita como de limonita son adecuadas para ser utilizadas como pigmentos puesto que pueden ser finamente divididas para asegurar la uniformidad de color.

#### (5) MATERIALES CERAMICOS.

Es imposible una descripción siquiera sumaria de los minerales de más amplio consumo en la industria cerámica así como de sus características; sólo se establecerán las dos grandes categorías en que se dividen: MATERIALES PLASTICOS y MATERIALES NO PLASTICOS. Los primeros, arcillas y caolines, son productos de la alteración de numerosas rocas (en general

granitos y gneis) y especialmente del feldespato potásico contenido en ellas y están constituidos por mezclas de filosilicatos diversos en cuanto a estructuras y características, pero todos tienen en común las pequeñas dimensiones de los cristales (menos de 10 micras), la capacidad de dispersarse en agua dando lugar a dispersiones coloidales, el comportamiento de los cristales que generalmente es laminar, la propiedad de constituir masas plásticas susceptibles de ser moldeadas y de conservar la forma adquirida incluso después de haber sido eliminada el agua por desecación. Su composición química es muy variable y podría expresarse por la fórmula general  $Al_2O_3 - [0.3-8.0] SiO_2 - [0.5-19.0] H_2O$ . En el propio retículo de los minerales arcillosos pueden darse sustituciones isomorfogéneas por lo que pueden estar presentes átomos de Fe, Mg, Ca, Na y K. Además en los minerales arcillosos se hallan siempre presentes, en mayor o menor cantidad, otros minerales como cuarzo, feldespatos y micas. Algunas veces estas mezclas de minerales se utilizan directamente como masas cerámicas, tal es el caso de la piedra-china de Cornualles y de las pegmatitas de Baviera.

Las principales materias primas no plásticas son: cuarzo, feldespato, alúmina, mármol, dolomita, magnesita, talco, cromita, olivino, serpentina y minerales del grupo de sillimanitas, wollastonitas y sienitas nefelínicas.

Los componentes de la mayor parte de las masas cerámicas son óxidos de Si, Al, Ca, Mg, Na y K. Como impurezas se hallan siempre presentes, por lo menos en pequeña proporción, óxidos de Fe y de Ti. La proporción de estos óxidos es diferente en cada masa y no faltan masas especiales constituidas casi exclusivamente por un solo óxido (por ejemplo  $SiO_2$  en el dióxido y  $Al_2O_3$  en el corundum). El componente más difundido en los productos cerámicos es el  $SiO_2$ , hasta el punto de considerarse, a la mayor parte de las pastas cerámicas, como aglomerados de sílice, silicatos y silicoaluminatos alcalinos y alcalinotérreos dispersos en una fase vítrea compuesta fundamentalmente por el  $SiO_2$ .

Para algunas aplicaciones especiales se utilizan boratos, fosfatos, carburos, nitruros y boruros; también se usan los óxidos de Pb, Zn, Cr, Li, Ba, Be y Th. Para dar opacidad a las fases vítreas se utilizan, entre otros óxidos de Sn, Zn y Zr. También son numerosísimos los compuestos químicos utilizados para proporcionar un color al producto cerámico o para modificar su propio color.

Numerar los diferentes productos cerámicos sería abundar demasiado por lo cual se mencionarán sólo los más importantes: el ladrillo, las baldosas, los mosaicos, los azulejos, la porcelana china, la cerámica, los artículos sanitarios y los componentes eléctricos derivados de esta industria.

Por último es muy importante resaltar el hecho de que fue sobre ta-

Por último es muy importante resaltar el hecho de que fue sobre tablillas de arcilla en donde el hombre inventó la escritura hace 5,000 años, en un lugar desconocido de la Mesopotamia.

### PIGMENTOS.

Los pigmentos son unas materias colorantes, finamente pulverizadas, que se pueden mezclar con medios adhesivos para hacer pinturas. Las partículas del pigmento permanecen en el medio como unidades separadas. Además de colorear la película de pintura, el pigmento puede crear efectos ópticos determinados.

La transparencia o la capacidad de recubrimiento de una capa de pintura están determinadas por los índices de refracción relativos del pigmento y del medio adhesivo. Cuanto más próximos estén, tanto más transparente será la pintura. Los índices de refracción de los medios van desde 1.3 a 1.5 y los de los pigmentos de 1.5 a 3.0. Pueden seleccionarse los medios para obtener pinturas opacas: bermellón (I.R.=3.0) y aceite de linaza (I.R.= 1.48); o satinados transparentes: laca rubia (I.R.=1.55) y aceite de linaza. La mayor visibilidad de los "pentimenti"-arrepentimientos, zonas donde el artista ha cambiado de idea-, a medida que una pintura envejece, es explicable en función del índice de refracción. Este aumento con el tiempo en el aceite secante, hasta aproximarse al valor del pigmento, dan como resultado un incremento de la transparencia de la pintura. Por ello las pinturas realizadas sobre fondos coloreados muestran cambios de tonalidad a medida que la pintura se hace más transparente y que el fondo se transluce a través de ella. Para conseguir que una pintura tenga propiedades reológicas (elasticidad, viscosidad, plasticidad) y de secado satisfactorias, las partículas del pigmento deben estar en proporciones correctas con el material adhesivo. En una pintura al óleo cada partícula de pigmento debe estar cubierta con una capa del medio y los intersticios entre una y otra partículas deben aparecer llenos. La cantidad de aceite que se requiere para conseguirlo es distinta para cada pigmento y se conoce como "absorción de aceite". Esta varía ampliamente de acuerdo con la naturaleza del pigmento y con la finura del pulverizado. Algunos pigmentos, como los preparados por precipitación en una disolución, pueden usarse inmediatamente después de lavados y secados pero otros, como los de origen mineral, deben molerse hasta obtener partículas del tamaño deseado.

Si bien pueden encontrarse partículas de más de 30 micras en pinturas del siglo XVIII, antes de que se introdujera el pulverizado mecánico,

el tamaño de las mismas suele ir de 0.5 a 10 micras. En las pinturas anteriores al siglo XVIII es posible ver con frecuencia partículas de pigmento en la pintura mediante un microscopio de poco aumento (x 10).

Una pintura preparada con un pigmento cuyas partículas sean de tamaño y forma irregulares será de mala calidad. El uso de esmalte (pintura azul de cobalto) no era habitual en el siglo XIX por esa razón. Era necesario aplicar este pigmento molido en grano grueso debido a su color desvaído, lo que hacía que fuese difícil expandir la pintura y además el pigmento tendía a rayar el cuadro.

Lo ideal es que un pigmento sea estable desde el punto de vista químico es decir que no lo afecten ni oxidaciones, ni reducciones, ni la luz, ni el calor, ni los ácidos, ni los álcalis u otras sustancias con las que es muy probable que entre en contacto. En la práctica sólo tienen esa resistencia muy escasos pigmentos como, por ejemplo, el óxido verde opaco de cromo y el azul de cobalto. Los pigmentos de plomo, como el albayalde y el minio, son vulnerables al ataque de los compuestos de azufre -ya procedan de la atmósfera en forma de  $SO_2$ , o de otros pigmentos que contengan azufre como el oropimente- convirtiéndose en sulfuros de plomo negros. Sin embargo cuando se encuentran bien protegidos en una película de óleo o de barniz esta reacción se produce muy lentamente, pero en el fresco o en el pastel pueden producirse cambios notables.

Muchos pigmentos, como ciertas lacas rojas y la gutagamba, se desvanecen al contacto de la luz por lo que afectan notablemente el aspecto de los cuadros en cuestión. El esmalte verde resinado de cobre se vuelve a veces marrón opaco al quedar expuesto a la luz. A la hora de contemplar un cuadro siempre debe tenerse en cuenta la posibilidad de que hayan sufrido cambios de color. Sobre pasa el alcance de esta tesis la descripción detallada de los materiales que se han venido utilizando como pigmentos, pero resulta interesante destacar que el número de pigmentos tradicionalmente utilizados en la pintura es relativamente bajo. Tras el descubrimiento del azul de Prusia en 1704, el número de pigmentos ha ido en aumento hasta ahora en que el artista cuenta con un enorme catálogo.

#### MEDIOS ADHESIVOS.

El medio adhesivo es un vehículo que liga entre sí las partículas de pigmento para hacer una pintura. A excepción del fresco (en el que las partículas del pigmento quedan atrapadas en una matriz de cristales de carbonato de calcio), los medios adhesivos de la pintura se componen de moléculas

las orgánicas complejas cuyos componentes elementales más importantes son el carbono, el hidrógeno y el oxígeno. La naturaleza exacta del medio no siempre salta a la vista cuando se observa un cuadro pues no es más que una pequeña parte de la pintura, en comparación con el pigmento, que estará presente en la muestra que pueda tomarse de un cuadro. Estos factores han hecho difícil la identificación de los medios, pero se ha llegado a conocer mucho gracias a la investigación científica y a las fuentes documentales.

Las ceras pueden provenir de insectos, de plantas y de depósitos minerales. Se componen de hidrocarburos y ésteres de elevado peso molecular. La cera que segregan las abejas para construir sus celdillas en las colmenas es la más común en los cuadros. Plinio y Dioscorides describen su utilización como adhesivo para la pintura en los tiempos clásicos. En los retratos sobre momias descubiertos en El-Fayum, Egipto, se ha identificado la cera pero no está claro si la cera fundida se mezclaba con los pigmentos y se aplicaba al soporte de madera mientras estaba caliente o si se utilizaba en forma de emulsión. Se usó mucho en los primeros siglos de nuestra era pero luego su uso se hizo cada vez más raro.

Las gomas son polisacáridos que se disuelven en agua. La goma arábiga que exudan en forma de gotas amarillas varias especies de acacias, forma una disolución en agua que se emplea en la iluminación de manuscritos, en la pintura de miniaturas y para pintar a la acuarela. La goma tragacanto es producto de un arbusto del género *Astragalus*. Se expande en agua pero no se disuelve debido a la gran cantidad de materia mucilaginosa de que se compone. Se le han encontrado pocas aplicaciones para la pintura pero ha servido para la preparación de colores de pastel.

Los adhesivos proteínicos son compuestos orgánicos que contienen nitrógeno, carbono, hidrógeno y oxígeno. Son polímeros complejos de aminoácidos. El apresto de gelatina se obtiene mediante la ebullición en agua de una proteína animal. Algunas veces se utiliza para iluminar -sobre todo los azules, que a menudo se tienen que aplicar en capas gruesas para que cubran lo suficiente- y, en este caso, se requiere de un medio que no resulte quebradizo cuando se aplique en capas espesas. La clara de huevo posee una disolución acuosa de la proteína llamada albúmina. La clara se precipita batiéndola y dejándola luego reposar o bien estrujándola después de haberla absorbido con una esponja limpia. Se le utilizaba para iluminación. La clara es fácil de trabajar pero no satura por completo los pigmentos y proporciona una pintura que suele ser quebradiza y débil. Se le solfa complementar con goma arábiga y después del siglo XIV fue reemplazada por ésta.

La yema de huevo es una emulsión de partículas de aceite suspendi-

das en una disolución de albúmina en agua. Se prepara separando la yema de la clara, punzando la membrana que la rodea y dejando que el líquido se vierta en un recipiente. Los pigmentos se muelen hasta que forman una pasta con agua a la que se añade la yema. La cantidad de yema necesaria depende del pigmento y se puede calcular observando si la pintura ya seca presenta un ligero brillo. El temple de yema de huevo fue el principal adhesivo para la pintura de caballete en Italia, hasta que lo desplazó el aceite a lo largo del siglo XV. Los aceites son triglicéridos, es decir, ésteres de glicerol con ácidos grasos. Su secado es posible si una proporción de los ácidos grasos son insaturados, como en el caso de los ácidos oléico, linoléico o linolénico.

Recién extraído de las semillas o de los frutos oleosos, el aceite es impuro y su tiempo de secado demasiado largo para que se pueda usar como medio adhesivo en la pintura. Sin embargo se descubrieron procedimientos para purificar los aceites y mejorar sus propiedades de secado y hacia el siglo XV ya se habían resuelto los problemas técnicos de su utilización y el aceite se convirtió rápidamente en el medio adhesivo dominante en toda Europa. En distintos cuadros se han podido identificar aceites de linaza, de nuez y de amapola. Su uso dependía de la situación geográfica y de los pigmentos que se deseaban ligar. Los aceites de nuez y de amapola se recomendaban para los pigmentos blanco y azul mientras que el de linaza se prefería para los pigmentos amarillos.

Las resinas naturales son mezclas de trementinas. No se han usado mucho como adhesivos para pinturas pero se emplearon combinadas con aceites. El manuscrito de Estrasburgo, del siglo XV, recomienda que se añadan unas gotas de barniz resinoso a las pinturas al óleo. Los artistas de los siglos XVIII y XIX aplicaron barnices resinosos para completar sus obras. La invención de resinas sintéticas adecuadas para la pintura ha sido un importante descubrimiento del siglo XX que ha evolucionado esta técnica artística al simplificar procedimientos antes muy complicados.

#### LOS BARNICES.

El barniz es una capa resinosa natural o sintética que se aplica a la superficie de la pintura con el fin de protegerla, modificar los efectos ópticos de la superficie pintada, aumentar la saturación de color y ajustar el brillo.

Las resinas naturales son secreciones de ciertas plantas y se agrupan en dos amplias categorías. Las resinas duras y fósiles, como el ámbar,

suelen conocerse por el nombre genérico de "copal" y se encuentran en las Indias Orientales, en Nueva Zelanda, en Africa y en Sudamérica. Son muy resistentes y poco solubles. Las resinas blandas son las de Dammar, sandáraca y mástique, que se encuentran en las Indias Orientales y en el sur del Mediterráneo. Estas pueden disolverse en alcohol.

Aunque las resinas se conocen desde los tiempos remotos. Los testimonios históricos de su utilización en barnices son raros y suelen consistir en recetas en las que no siempre es posible identificar claramente los componentes. Un primitivo manuscrito medieval hallado en Lucca y llamado por ello Manuscrito de Lucca, describe la preparación de la resina disuelta en aceite de linaza. Teófilo describe -en De Diversis Artibus- la manera de preparar el barniz según un método en el que primero se derrite la resina y luego se vierte en aceite caliente. Esta disolución se remueve hasta que al enfriar una gota se queda clara y con la consistencia deseada. Entre los siglos IX y XV parece que el barniz más común fue el obtenido por la disolución de mástique en aceite de linaza y al que se agrgaba, algunas veces, sandáraca y colofonia (residuo de la destilación de la trementina). Aunque la colofonia mejora la fluidez del barniz no hay noticias de que se utilizase un diluyente tan volátil como la trementina; se debe suponer que los barnices de esta época eran más bien viscosos y difíciles de extender; tal vez se aplicasen en caliente con la mano.

A partir del siglo XVI existen recetas en las que figuran el espíritu de trementina y el alcohol. En los siglos XVIII y XIX, siglos de progresiva experimentación, se obtenía un medio adhesivo gelatinoso llamado me-<sup>l</sup> gilp mezclando resina de mástique diluida en trementina con aceite de linaza.

Todos los barnices resinosos tienen tendencia a amarillarse a medida que envejecen y se vuelven quebradizos e insolubles, perjudicando la calidad de la pintura. Para superar este problema se están produciendo barnices de resinas sintéticas.

De esta manera se han tratado las principales materias primas elementales para la formación de una obra de arte: piedras preciosas; materiales ornamentales; cal, yeso y cemento; pigmentos; metales; adhesivos y barnices. En el siguiente apartado se hará alusión al vidrio y completando a los materiales cerámicos, ya descritos, se añade un apartado específico en el capítulo "particularidades de las ramas escogidas" con lo cual se cumple con los objetivos planeados en este trabajo. Faltaría por último enlistar a los principales pigmentos utilizados por la humanidad, lo que se hará a continuación, y analizar a los materiales propios de nuestro país -tezontle, tecali,

tecali,ónix,recinto- pero ello se abordara en el capítulo dedicado a nuestro país.

PRINCIPALES PIGMENTOS UTILIZADOS  
POR LA HUMANIDAD.

NOMBRE Y COMPOSICION QUIMICA	PERIODO DE UTILIZACION (CONSULTAR SIMBOLOGIA)
TIZA- carbonato de calcio	1
YESO- sulfato de calcio	1
ALBAYALDE- carbonato básico de plomo	2
BLANCO DE CINCO- óxido de cinc	3
BLANCO DE TITANIO- dióxido de titanio	4
NEGRO DE HUMO- carbón	1
INDIGO (materia colorante vegetal)- indigotina	2
AZURITA- carbonato básico de cobre	2
AZUL DE EGIPTO- compuesto de silicatos de calcio y cobre	2'
ULTRAMARINO NATURAL- azurita	5
ESMALTE- vidrio de silicato de aluminio, cobalto, potasio	6'
AZUL DE PRUSIA- ferrocianuro férrico	7
AZUL DE COBALTO- aluminato de cobalto	3
ULTRAMARINO FRANCES- compuesto de alúmina, sílice, azufre, sodio	3
AZUL CERULEO- estannato cobaltoso	3
AZUL DE MANGANESO- manganato de bario	4
AZUL MONASTRAL- ftalocianina de cobre	4
TIERRA VERDE- hidrosilicato de potasio, aluminio, magnesio, fierro	1
CARDENILLO- acetato de cobre básico	2
MALAQUITA- carbonato básico de cobre	2
VERDE DE SCHEELE- arsenito ácido de cobre	7
VERDE ESMERALDA- aceto-arsenito de cobre	3
VERDE COBALTO- cincato de cobalto	3
OXIDO DE CROMO OPACO- óxido de cromo	3
VIDRIO- óxido de cromo hidratado	3
VERDE MONASTRAL- ftalocianina de cobre clorurada	4
OROPIMENTE- monóxido de plomo	2
LITARGIRIO- sulfuro de arsénico	2
PURPURINA- doble óxido de plomo y estaño	5'

NOMBRE Y COMPOSICION QUIMICA	PERIODO DE UTILIZACION (CONSULTAR SIMBOLOGIA)
GUTAGAMBA- gomoresina amarilla	5
AMARILLO DE NAPOLES- antimoniato de plomo	7
AMARILLO DE BARIO- cromato de bario	3
AMARILLO DE ESTRONCIO- cromato de estroncio	3
AMARILLO DE CROMO- cromato de plomo	3
AMARILLO DE CADMIO- sulfuro de cadmio	3
AMARILLO DE CINCO- cromato de cinc	3
AMARILLO DE COBALTO- cobaltonitrito de potasio	3
CINABRIO- sulfuro de mercurio natural	1
BERMELLON- sulfuro de mercurio	2
MINIO- tetróxido de plomo	2
SANDARACA OREJALGAR- sulfuro de arsénico	2
LACA DE RUBIA (materia colorante para teñir)- alizarina	2
LACA DE GRANA ( mat.col.para teñir)- ácido kermésico	2
SANGRE DE DRAGO- resina de color rojo oscuro	2
LACA DE GOMA LACA (mat.col.para teñir)- ácido lacáico	5
LACA DE COCHINILLA (mat.col.para teñir)- ácido carmínico	6
ROJO DE CROMO- cromato básico de plomo	3
ROJO DE ALIZARINA- dehidroxiantraquinona 1,2	3
ROJO DE CADMIO- sulfuro seleniuro de cadmio	4
VIOLETA DE COBALTO- sulfato de cobalto	3
VIOLETA DE MANGANESO- fosfato de manganeso,amonio	3
VIOLETA ULTRAMARINO- azul ultramarino amoniacado	3
OCRE AMARILLO- óxido de fierro	3
SIENA CRUDO- óxido de fierro	1
SIENA TOSTADO- óxido de fierro	1
TIERRA DE SOMBRA CRUDA- fierro más óxidos de manganeso	1
TIERRA DE SOMBRA TOSTADA- fierro más óxidos de manganeso	1
ROJOS DE OXIDO DE HIERRO- óxidos de fierro	1

## SIMBOLOGIA:

1	DE LA PREHISTORIA A LA ACTUALIDAD	
2	DE LA EPOCA CLASICA A LA ACTUALIDAD	2' EN LA EPOCA CLASICA
3	DEL SIGLO XIX A LA ACTUALIDAD	
4	DEL SIGLO XX	7 DEL SIGLO XVIII A LA ACTUALIDAD
5	DEL SIGLO XIII A LA ACTUALIDAD	5' DEL SIGLO XIII AL XVIII
6	DEL SIGLO XVI A LA ACTUALIDAD	6' DEL SIGLO XVI AL XIX

#### D) VIDRIO.

Definir actualmente al estado vítreo es un problema pues dicho estado presenta propiedades tanto del estado sólido como del estado líquido. E.D.Dietz define al vidrio como un producto de fusión inorgánico que se ha enfriado hasta convertirse en un sólido rígido pero sin cristalizar. El vidrio es según tal punto de vista un sólido.

El vidrio puede soportar la presencia de cargas sobre sí; puede ser modelado, roto o cortado; puede ser transparente, translúcido, opaco o colorido, en fin se parece a un sólido cualquiera pero su carácter único se hace evidente cuando se examina a nivel microscópico.

La mayoría de los sólidos presentan arreglos atómicos, moleculares o iónicos regulares y definidos, pero los materiales vítreos presentan un total desorden en su estructura. Así a nivel microscópico el vidrio se parece más a un líquido que a un sólido.

Morey definió al vidrio como un líquido cuya rigidez es tan alta que le permite conservar su forma. El término "líquido rígido" se aplica a aquellas sustancias que se forman mediante el enfriamiento súbito de una masa previamente fundida sin permitir que transcurra el tiempo suficiente para que acontezca la cristalización e incluye a los yacimientos de rocas vítreas (obsidianita); a las escorias metalúrgicas industriales; a los cristales; a los vidriados cerámicos; a los esmaltes y a los componentes de cuarzo fundido.

Sintetizando los dos enfoques se podría decir que el vidrio es un compuesto no cristalizado que combina la tenacidad de los sólidos con la isotropía de los líquidos. Es como un líquido viscosísimo que no posee un punto de fusión bien definido, pues según se calienta varía su viscosidad pasando de un estado pastoso a uno fluido. Químicamente el vidrio es el resultado de la fusión de varios componentes como silicatos, boratos y fosfatos de metales monovalentes (litio, sodio, potasio); divalentes (bario, plomo y calcio) y trivalentes (aluminio, fierro y otros).

La sílice es el componente básico del vidrio; el carbonato de calcio y el sulfato de sodio le permiten mantener la viscosidad dentro de ciertos límites, ofreciendo un más amplio período de elaboración. En el proceso de fusión se utilizan fragmentos de vidrio pues abaten la energía de absorción requerida y facilitan el trabajo de manufactura.

Variando la mezcla de los compuestos es posible modificar sus propiedades fisicoquímicas. El aumento de sílice permite obtener un vidrio resistente y duro, pero presenta mayor fragilidad y más dificultad de fusión.

El óxido de cinc aumenta su resistencia mecánica, el aluminio facilita la fusibilidad y el ácido bórico limita el coeficiente de dilatación térmica.

En la fusión hay una primera fase caracterizada por la máxima absorción de calor, durante la cual los diferentes elementos se transforman reaccionando entre ellos (se forma un carbonato doble de sodio y calcio que reacciona con la sílice, desprendiendo anhídrido carbónico y dando lugar a silicatos de sodio y de calcio). Sigue otra fase para homogeneizar las propiedades físicas (dilatabilidad, resistencia mecánica, etc.) de los distintos componentes de la mezcla.

Para facilitar la elaboración del vidrio es necesario controlar su viscosidad. Durante la fusión tiene un valor muy bajo, que se eleva al bajar la temperatura. (ver figura 4). Entre estos dos puntos existe un valor óptimo de viscosidad, correspondiente a la temperatura de fabricación del vidrio. En la elaboración por soplado, el obrero introduce un tubo en el horno de fusión y extrae un poco de la masa en estado pastoso. Luego coloca este extremo en un molde y sopla por el lado opuesto. A través de varias introducciones en el horno y sucesivos sopladados, la masa aumenta de tamaño y se forja con sencillas herramientas manuales hasta obtener el material deseado. En la ciudad de Murano, Italia, se encuentran quizás los mejores artífices de este antiguo y difícil arte.

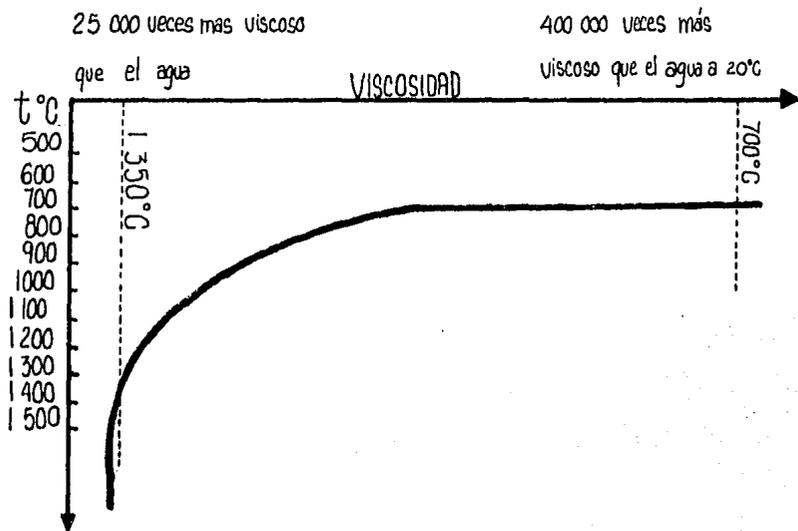


Figura 4.- Curva de viscosidad de un vidrio

CAPITULO III: LOS LABORATORIOS Y CENTROS  
DE INVESTIGACION.

A) DESARROLLO Y PRINCIPALES TECNICAS UTILIZADAS.

El siglo XX ha contribuido al perfeccionamiento de los museos y galerías de arte con la aportación de uno de los medios más importantes para la conservación y restauración del patrimonio cultural y artístico de la humanidad: el laboratorio. En él pueden someterse a una investigación minuciosa y detallada las nuevas adquisiciones, realizar el diagnóstico y aplicar el tratamiento adecuado a los objetos que muestran signos de deterioro.

El primer laboratorio de museo se abrió en 1833 en el entonces llamado Staatliche Museen, de Berlín. Este laboratorio pionero ya no existe.

El movimiento en pro de la instalación de laboratorios en los museos se inició en realidad, tras la primera guerra mundial, al abrirse un pequeño laboratorio en el British Museum de Londres. En principio, y como medida temporal, se trató de reparar el deterioro sufrido por las colecciones del museo que habían estado almacenadas en el sistema de subterráneos de la ciudad para salvarlas del peligro de las bombas alemanas. El laboratorio ha ido creciendo y hoy día ocupa un edificio completo. En sus cincuenta años de existencia ininterrumpida, el laboratorio del Museo Británico ha tratado todo tipo de objetos, salvo las pinturas de caballete.

Otros museos y galerías pronto siguieron su ejemplo. El Louvre abrió su laboratorio en 1925; el Museo de Bellas Artes de Boston, en 1927 y el Metropolitan Art Museum de Nueva York, en 1930. La siguiente etapa de desarrollo fue la aparición de laboratorios independientes dedicados a la conservación de las obras de arte, pero no necesariamente asociados con un museo o galería en concreto. Dos laboratorios de este tipo son el Institute Royal du Patrimoine Artistique de Bruselas, fundado en 1938, y el Instituto Centrale de Restauo de Roma, establecido bajo los auspicios de la UNESCO, en 1959. En la actualidad la mayor parte de los museos de nueva construcción tratan de incluir, al menos, una sala para los trabajos de examen y conservación y algunos disponen de amplios laboratorios dotados de complicados equipos.

En México fundamentalmente existen dos instituciones encargadas de conservar el patrimonio cultural de la nación. El Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), que protege todo patrimonio perteneciente a épocas anteriores al siglo XX (restos fósiles, ruinas prehispánicas, conventos del siglo XVI, palacios coloniales, monumentos porfiristas, etc.) y el

Instituto Nacional de Bellas Artes (INBA) que protege los bienes nacionales del siglo XX. Además existen casos independientes de instituciones al cuidado de bienes que la Nación les ha entregado, tales como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), que tiene a su cuidado edificios tan importantes como el Palacio de Minería, el antiguo colegio de San Ildefonso, el Museo del Chopo, Ciudad Universitaria, el antiguo templo de San Agustín, el edificio de la Academia de San Carlos así como todos los tesoros artísticos que contienen; el Banco Nacional de México (BANAMEX), con edificios tan importantes como la casa del Marqués de Jaral y Berrio o el Palacio de Iturbide y la casa de los Condes de San Mateo del Valparaíso; los diferentes conventos del siglo XVI, XVII y XVIII (como Yecapixtla, Tepotzotlán o Acolman) que bajo la dirección del INAH exponen y conservan su patrimonio; algunas iglesias (como el templo de la Profesa o el de la Enseñanza) que poseen pinacotecas propias y que bajo la dirección del INAH se esmeran en conservar y restaurar sus obras. Finalmente se debe mencionar a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) que se coordina con las instituciones antes mencionadas para brindar asesoría y proporcionar recursos materiales y humanos para los diversos trabajos que involucran bienes inmuebles de carácter histórico.

La primera tarea de los científicos destinados a la conservación y la restauración de objetos artísticos es descubrir los materiales de los que están hechos, cómo y cuando se hicieron y asegurarse de que no son copias ni falsificaciones. La segunda tarea, aunque de igual importancia que la primera, es la de usar los métodos científicos así como la tecnología para la conservación y restauración de los tesoros de los museos, ya sea para incorporarlos al mismo o para salvarlos de los daños sufridos durante su exposición.

El químico que se presta a investigar las clases de elementos de que está formado un determinado objeto utiliza, en primer lugar, la técnica del análisis cualitativo y una vez descubiertos los elementos componentes recurre al análisis cuantitativo para conocer sus proporciones exactas. Dado el valor de los objetos de museo que los científicos manejan, deben contentarse con muestras diminutas, por lo que emplean la técnica del análisis microquímico. Estos métodos son muy sensibles y con ellos se extraen resultados precisos de pequeñísimas muestras y sirven para solucionar una amplia gama de problemas.

Un importante número de técnicas, hoy generales en casi todos los laboratorios de museos, se basan en las propiedades físicas de las diferentes clases de radiaciones como los rayos X, rayos gamma y radiaciones infraro-

jas y ultravioletas. Es especialmente importante entre ellas, para la identificación de materiales cristalinos, el llamado análisis de difracción de rayos X, en razón de que cada material cristalino tiene un tipo característico específico denominado tipo o espectro de difracción. Cada cristal tiene pues, lo que podría ser su propia "huella digital".

Los millares de análisis de difracción de rayos X realizados en el transcurso de los años, han dado oportunidad a los científicos para la elaboración de un catálogo de patrones. Con esta técnica es posible identificar los productos de corrosión de los metales y determinar la naturaleza de las diferentes piedras semipreciosas que sirven para hacer sellos semicilíndricos.

El análisis por refracción de rayos X se ha utilizado para identificar el material empleado por los antiguos como agente de opacidad en los productos vítreos, opacos o transparentes. Estos materiales son, por lo general, sustancias cristalinas dispersas en la matriz del vidrio, que no lo es. De lo anterior se desprende que el patrón de refracción de rayos X obtenido de una muestra de vidrio opaco será característico de la especie que contiene.

Otra técnica común en los laboratorios de los museos es la espectroscopía de emisión. Esta se basa en el principio de que cuando una sustancia adquiere un punto de incandescencia en un arco voltaico, emite una luz de longitud de onda específica que al pasar a través de un prisma se descompone en tantas longitudes de onda como elementos componentes existan. Puesto que cada elemento químico tiene un espectro característico, al comparar los espectros de los elementos con el que forma la luz emitida, el científico puede saber de qué elementos se trata.

Hay casos en los que no se puede conseguir una muestra para el análisis. No se puede, por ejemplo, arrancarle el menor trozo a una moneda metálica o a una preciosa porcelana. En estos casos se pueden utilizar técnicas como los rayos X, la espectroscopía fluorescente o el análisis de haz electrónico.

La espectroscopía de rayos X fluorescente se basa en el hecho de que si se bombardea un objeto con rayos X primarios, éste emite otros secundarios y característicos que producen fluorescencia cuyas longitudes de onda y sus intensidades relativas están determinadas por los elementos presentes en el objeto. Mediante la comparación de las emisiones secundarias del objeto de composición desconocida con los tipos patrón de los elementos de muestras conocidas, el científico dispone de los datos suficientes para constatar su composición y grado de concentración. Un equipo que abarca hasta catorce o más muestras se puede montar en cuestión de minutos.

El análisis de fluorescencia de rayos X sólo da la composición de la superficie del objeto pues de ella proceden los rayos X secundarios, pero no deja de ser valiosa su información.

La técnica del análisis mediante el haz electrónico se rige por principios similares a los anteriores pero es un haz electrónico, y no un rayo X el que se dirige hacia el blanco para hacer que el material produzca un haz de rayos X, cuyas longitudes de onda señalan su composición al ser analizadas. Con este método se puede operar sobre áreas minúsculas de un objeto, hasta de unas pocas micras cuadradas. Por ello la técnica ideal para el análisis de superficies pequenísimas es la del rayo electrónico. Su valía quedó demostrada tras la gran prueba a la que le sometieron los científicos, de analizar vidrios de seis colores diferentes que formaban una delgada capa de mosaico romano de dos mil años de antigüedad. La placa medía unos  $4.6 \text{ cm}^2$  y algunas de las piezas sueltas de vidrio eran menores de un sexto de centímetro. El resultado fue completo y proporcionó a los científicos los detalles que deseaban.

La fotografía mediante rayos X o radiografía, también dota a los laboratorios de los museos de un instrumento importante para el examen de antigüedades sin perjudicarlas, ya que mediante ella es posible descubrir hasta los trazos ocultos y las incrustaciones e incluso los métodos para la elaboración de los objetos. La técnica es simple y se basa en el hecho de que los rayos X lanzados sobre los objetos son absorbidos en diferentes grados según las clases de materiales de que se componen: a mayor densidad, mayor absorción. Es el mismo principio por el que se usan los rayos X en medicina. Los huesos y los objetos extraños son más densos que los músculos, por lo que absorben más rayos X, mientras que la carne absorbe menos por lo que llegan más rayos X a la placa. En la técnica empleada por los museos, el objeto a fotografiar se coloca directamente entre la fuente de rayos X originales y la placa. Como las áreas de mayor densidad absorben más que las de menor densidad, se quedan diferenciadas las áreas correspondientes a los componentes de origen de las incrustaciones o las adiciones de metales diferentes.

Así mismo, las radiografías constituyen un procedimiento muy valioso para el análisis de pinturas, como se desprende del hecho de que los pigmentos utilizados en las pinturas al óleo tienen diferente capacidad de absorción de los rayos X. En 1969, los propietarios del cuadro de la Adoración de los Magos, de Jacob Jordaens, artista flamenco del siglo XVII, lo enviaron para su limpieza al laboratorio del museo del Louvre. Al aplicarle los rayos X para su examen previo, los científicos descubrieron bajo la

obra un claro contorno de otra pintura de Jordaens, la Sagrada Familia. Lo irónico del descubrimiento fue que, según los expertos, la pintura primitiva subyacente era de calidad superior a la que la cubría, pero no era posible separarlas sin destruirlas. La pintura al óleo necesita 50 años para que seque totalmente y si se aplica una nueva pintura antes de que haya secado la anterior, como era el caso, se fusiona con la de la capa inferior, lo que hace imposible su separación. Como no es probable que se desarrollen técnicas de separación no hay esperanzas de que el mundo pueda contemplar alguna vez a la Sagrada Familia, de Jordaens y habrá que conformarse con los trazos fantasmales de una placa de rayos X.

Los rayos X constituyen un tipo específico de radiación "invisible" muy útil para los analistas de los museos, pero hay otros tipos, como los rayos infrarrojos y ultravioletas, que también pueden presentar una valiosa ayuda. Los rayos infrarrojos son rayos calóricos que pueden penetrar áreas oscuras e ilegibles. Los expertos que estudian y traducen documentos antiguos se encuentran frecuentemente con pasajes borrosos y hasta totalmente ilegibles y gracias a este tipo de rayos pueden conseguir su lectura. Por ejemplo, las fotografías tomadas con estos rayos supusieron un poderosísima ayuda a los expertos en descifrar manuscritos cerca del Mar Muerto. Algunos manuscritos eran de cuero y la tinta con que estaban escritos había sido fabricada con algún tipo de carbón, de hollín probablemente. Después de tantos siglos el cuero se había ennegrecido y la tinta difuminada y su lectura era imposible. Pero como el viejo cuero tendía a reflejar los rayos infrarrojos y el carbón no, las fotografías tomadas mediante los rayos infrarrojos presentaban el cuero de los manuscritos como un fondo blanco sobre el que destacaba la escritura, que ya era visible.

Los rayos ultravioletas pueden producirse artificialmente mediante una lámpara de vapor de mercurio y se les utiliza en la fotografía en dos formas diferentes. La primera se conoce con el nombre de método de la luz fluorescente. Este tipo de fotografías se hace normalmente en cámara oscura porque la luz ultravioleta produce muchas veces fluorescencia en los objetos o brillo visible. Este brillo puede aparecer, por ejemplo, en las alteraciones realizadas en la superficie de los objetos o en pinturas. Para este tipo de fotografía se coloca un filtro especial en la lente de la cámara para que absorba a los invisibles rayos ultravioletas reflejados y deje vía libre únicamente a los rayos fluorescentes visibles que llegan a la placa. A la segunda técnica se le llama método de luz refleja. En este procedimiento la fotografía se obtiene mediante la luz ultravioleta procedente del objeto. Para ello se cubre el lente de la cámara con un filtro

que, al mismo tiempo que deja pasar los rayos ultravioletas a la placa, cierra el paso a toda radiación visible.

Las cámaras pueden prestar otro doble servicio en los laboratorios: el de la microfotografía y el de la macrofotografía. Microfotografía significa que la fotografía se realiza mediante un microscopio y su técnica es sencilla. A las pequeñas cámaras de 35 mm se les aplica un adaptador, de venta en los comercios, mediante el cual se fija el lente a un microscopio. Aunque la imagen que se graba en una placa de 35mm es pequeña, recoge todos los detalles que revela el microscopio y tiene la ventaja de que la imagen de la placa puede ampliarse o proyectarse para proceder a su examen de una manera detallada y cómoda.

La macrofotografía, casi lo contrario que la microfotografía, se sirve de ampliaciones gigantescas mediante la aplicación a la cámara de lo que en el argot fotográfico se denomina macrolente. Con ella se imprime en el negativo la imagen del objeto en su tamaño natural que a su vez puede ampliarse. Es un método valiosísimo para la filmación de los objetos pequeños como las monedas, sellos y rúbricas.

Las informaciones que obtienen los científicos en sus laboratorios son de vital importancia pues no sólo sirven para demostrar la autenticidad de los objetos y para situarlos en el marco geográfico e histórico de donde proceden, sino también para conocer los problemas que hay que afrontar para su conservación y restauración.

A pesar de que en este capítulo se ha tratado de dar un panorama general de las técnicas y aplicaciones que puede tener la ciencia dentro del arte, falta hablar de un tema que por su enorme importancia debe de ser abordado de una manera más amplia: ¿Cómo se determina la edad de los objetos?. El cual se tratará en el capítulo siguiente.

## B) ¿COMO SE DETERMINA LA EDAD DE LOS OBJETOS?

En los inicios del siglo XVII un sacerdote irlandés, el arzobispo Usher de Armagh, basándose en las genealogías de la Biblia calculó la fecha de la creación del mundo y llegó a la conclusión de que Dios lo había creado durante la semana que concluyó el sábado 22 de octubre del año 4004 A.C. Los eclesiásticos quedaron sobrecogidos. Los impresores ingleses de la versión autorizada de la Biblia incluyeron la fecha del arzobispo en su edición del año 1701, lo que dió a la fecha un aire de certeza y autoridad tal que, cuando los geólogos del siglo XIX manifestaron su opinión de que el mundo tenía millones de años de existencia se encontraron con una tremenda oposición religiosa.

Tampoco hoy, con todos los métodos modernos de fijación cronológica a su alcance, pueden pretender los científicos tener una precisión como la del arzobispo Usher. Lo más que se puede hacer es fijar la antigüedad de un objeto particular con una cronología tanto menos precisa cuanto mayor sea la antigüedad del mismo, máxime si éste pertenece a períodos muy remotos, mayores de 10 millones de años. Los métodos científicos sólo permiten aproximaciones pero son mucho más fidedignos que los cálculos del arzobispo y han contribuido poderosamente al establecimiento de los hechos objetivos y de las opiniones subjetivas.

Imagínese que se ha llevado a un museo un jarrón griego de barro cocido. Los funcionarios del museo lo contemplaran con deleite y admiración y una de sus primeras preguntas versará sobre su antigüedad. Si se comprueba que la antigüedad del jarrón se remonta a 2,000 años, le concederán un puesto importante en la exposición de antigüedades del arte griego. Pero si resulta que es una copia de hace 20 años lo enviarán al cesto de la basura o al sótano del museo.

Hay dos maneras de resolver esta importante cuestión. La primera consiste en llamar a un especialista en jarrones griegos antiguos para que examine su estilo y el procedimiento de su fabricación. Mediante la intuición, fruto de su experiencia y conocimientos, podrá decir si hay probabilidades de que tenga una antigüedad cercana a los 2,000 años y si es genuino o no, a su parecer. Sin embargo, han sucedido múltiples experiencias de opiniones fallidas de especialistas que o bien aseguran la autenticidad de una copia o niegan la de una reliquia. Por ello los funcionarios de los museos acostumbran, como medida preventiva, someter a todas las adquisiciones a una serie de exámenes físicos y químicos que proporcionan una serie de observaciones sobre las que se puede basar la fijación cronológica.

A fines de la década de los 40, el físico norteamericano Willard F. Libby, de la Universidad de Chicago, desarrolló un nuevo método para la fijación de la cronología de objetos arqueológicos que contuvieran carbón. Este método se conoce como el método del carbono 14 y se basa en el hecho de que en todas las muestras de carbón hay unos cuantos átomos denominados de carbón pesado, en una proporción aproximada del 1 por billón. Estos átomos pesados son químicamente idénticos a los de carbón ordinario pero existen dos diferencias entre ellos: la de su peso atómico que es de 14 mientras que el del carbón ordinario es de 12, y la de que el carbono 14 es radioactivo, o sea que sus átomos emiten radiaciones con la consecuente desintegración que los convierte en átomos de nitrógeno no radioactivo.

Libby trabajó sobre la hipótesis de que los animales y plantas mantienen, mientras tienen vida, una proporción constante de carbón pesado en sus tejidos producto del intercambio de suministros que se realiza con la atmósfera. Pero cuando los animales y las plantas mueren cesa todo tipo de intercambio de carbón y los átomos radioactivos de carbón pesado del organismo ya muerto continúan convirtiéndose en nitrógeno con el resultado de que su radioactividad va decayendo de una manera regular, la cual se expresa mediante el tiempo de vida media.

El tiempo de vida media es el lapso necesario para que la mitad de los átomos presentes de un isótopo radioactivo decaigan; en el caso del carbono 14 es igual a 5,600 años.

Libby se dio cuenta de que, mediante un detector especial del tipo de un contador Geiger supersensible, podría medir la radioactividad del carbón pesado existente, por así decirlo, en una astilla de madera de una canoa antigua desenterrada y que si la comparaba con un trozo de madera viva y con antracita (que en su origen fue materia viva; pero tan antigua que para efectos prácticos ha perdido toda su radioactividad) podría aplicar el concepto de vida media y calcular la antigüedad de la canoa .

Las primeras pruebas de valoración de radiocarbono para la datación cronológica se realizaron sobre muestras de edad conocida. El método se aplicó a maderas de las tumbas de los faraones egipcios, cuyas fechas se establecieron previamente con la ayuda de investigaciones históricas. La conmoción fue enorme al comprobar que sólo un 10% de las fechas establecidas concordaban con los resultados radiométricos.

Los fechamientos mediante la medición de radiaciones del carbono 14 nunca resultan totalmente precisas. Se ha establecido como posible margen de error el de 300 años. Sobre este margen puede oscilar la fecha precisa. Por ejemplo, por este método se examinó un trozo de asta de ciervo hallado

A fines de la década de los 40, el físico norteamericano Willard F. Libby, de la Universidad de Chicago, desarrolló un nuevo método para la fijación de la cronología de objetos arqueológicos que contuvieran carbón. Este método se conoce como el método del carbono 14 y se basa en el hecho de que en todas las muestras de carbón hay unos cuantos átomos denominados de carbón pesado, en una proporción aproximada del 1 por billón. Estos átomos pesados son químicamente idénticos a los de carbón ordinario pero existen dos diferencias entre ellos: la de su peso atómico que es de 14 mientras que el del carbón ordinario es de 12, y la de que el carbono 14 es radioactivo, o sea que sus átomos emiten radiaciones con la consecuente desintegración que los convierte en átomos de nitrógeno no radioactivo.

Libby trabajó sobre la hipótesis de que los animales y plantas mantienen, mientras tienen vida, una proporción constante de carbón pesado en sus tejidos producto del intercambio de suministros que se realiza con la atmósfera. Pero cuando los animales y las plantas mueren cesa todo tipo de intercambio de carbón y los átomos radioactivos de carbón pesado del organismo ya muerto continúan convirtiéndose en nitrógeno con el resultado de que su radioactividad va decayendo de una manera regular, la cual se expresa mediante el tiempo de vida media.

El tiempo de vida media es el lapso necesario para que la mitad de los átomos presentes de un isótopo radioactivo decaigan; en el caso del carbono 14 es igual a 5,600 años.

Libby se dio cuenta de que, mediante un detector especial del tipo de un contador Geiger supersensible, podría medir la radioactividad del carbón pesado existente, por así decirlo, en una astilla de madera de una canoa antigua desenterrada y que si la comparaba con un trozo de madera viva y con antracita (que en su origen fue materia viva; pero tan antigua que para efectos prácticos ha perdido toda su radioactividad) podría aplicar el concepto de vida media y calcular la antigüedad de la canoa .

Las primeras pruebas de valoración de radiocarbono para la datación cronológica se realizaron sobre muestras de edad conocida. El método se aplicó a maderas de las tumbas de los faraones egipcios, cuyas fechas se establecieron previamente con la ayuda de investigaciones históricas. La conmoción fue enorme al comprobar que sólo un 10% de las fechas establecidas concordaban con los resultados radiométricos.

Los fechamientos mediante la medición de radiaciones del carbono 14 nunca resultan totalmente precisas. Se ha establecido como posible margen de error el de 300 años. Sobre este margen puede oscilar la fecha precisa. Por ejemplo, por este método se examinó un trozo de asta de ciervo hallado

cerca de Stonehenge, Inglaterra. Se le estimó una antigüedad de  $3670 \pm 150$  años. A efectos prácticos, el método del carbono 14 es valioso para la fijación de objetos que no se remontan a los 40,000 años de antigüedad, pues más allá de este límite resulta de poco valor ya que el margen de error posible se amplía enormemente.

A fines de 1663, un amigo presentó una notable joya a Robert Boyle. Este gran científico británico se sintió emocionado e informó a la Real Sociedad de Londres sobre ella "...que habiéndola restregado contra su ropa, brillaba en la oscuridad como un árbol podrido o como las escamas de una merluza u otros peces podridos... con mucho mayor claridad que la luz de una luciérnaga". Boyle no había sido testigo de una brujería. La luz que había visto se originaba del fenómeno llamado termoluminiscencia, el cual se utiliza con gran amplitud por los arqueólogos de todo el mundo para el fechamiento, especialmente de fragmentos de cerámica antigua.

El método es el siguiente. La mayoría de las sustancias minerales contienen trozos de material radioactivo como sales de uranio o de torio. Algunos minerales tienen la propiedad de almacenar en su red cristalina la energía producida por su radioactividad y de despedirla en forma de luz visible cuando se calientan. Así se explica la luz que vio Boyle tras calentar mediante el frotamiento, la joya que le habían regalado. La mayoría de las sustancias termoluminiscentes no emiten luz a temperaturas inferiores a los  $337^{\circ}\text{C}$ . Incluso entonces la luz que emiten es generalmente tan débil, que apenas es perceptible a la visión natural; pero hay detectores muy sensibles que miden su intensidad. Hablando a grosso modo cuanto más brillante sea la luz, más antiguo es el mineral y los científicos al medir la cantidad de energía almacenada, pueden calcular el tiempo que ha estado absorbiendo radiaciones. Esta técnica tiene particular importancia para puntualizar la cronología de las cerámicas, pues la mayoría de los minerales contenidos en las arcillas utilizadas en su fabricación son susceptibles de presentar termoluminiscencia. Durante la primera ignición de la arcilla para hacer la cerámica, se despiden toda la energía previamente almacenada. Pero una vez fría, la arcilla vuelve a almacenar energía. Por ello la termoluminiscencia que pueda descubrir un científico se debe a la energía almacenada en esta segunda fase, y cualquier estimación a la que se llegue ha de referirse necesariamente al momento de su última ignición.

El valor de la técnica quedó realizado en la exposición organizada en Londres en 1970. Se expusieron centenares de figuras de cerámica china de las dinastías Sui y T'ang (589-907 D.C.) .Cada una llevaba su fecha, que se había comprobado mediante el método termoluminiscente. Por primera vez los organizadores de una exposición pudieron sentir seguridad de que los obje-

tos eran realmente lo que sus propietarios afirmaban.

Los átomos de algunos minerales conservan el secreto de su edad en otras formas. Por ejemplo, casi todas las arcillas contienen al menos una pequeña cantidad de óxido de fierro. Cada partícula de este óxido se comporta como un pequeño imán. Un terrón de arcilla recién extraído de la tierra no tiene magnetismo realmente perceptible porque todos sus pequeños imanes se ordenan al azar en su interior, anulándose. Pero si el terrón de arcilla se calienta por encima de los  $687^{\circ}\text{C}$  y a continuación se le deja enfriar, los pequeños imanes se alinean a lo largo del campo magnético predominante que es, por lo general, el mismo de la Tierra, o sea que se alinean a lo largo del eje magnético norte-sur terrestre por lo que la arcilla se ha convertido en un imán permanentemente débil y con una dirección de magnetización definida.

Una vez conocida la dirección del eje magnético de la Tierra en el momento en que la arcilla fue sometida al fuego, es fácil establecer su fecha. Únicamente hace falta consultar los datos de la zona terrestre adecuada para saber cómo se ha alterado la dirección con respecto a los siglos anteriores. En Londres por ejemplo, el ángulo formado por la línea que une los polos geográficos norte-sur (que nunca cambia) y el eje magnético norte-sur, ha variado en unos  $10^{\circ}$  cada siglo en los últimos 500 años. Cambios semejantes se han dado y registrado en otras partes del mundo.

Conocidos los datos relativos a la variación del campo magnético terrestre, mediante una operación retrospectiva se puede averiguar cuándo la dirección del campo magnético terrestre tuvo el valor que ha quedado registrado en la arcilla. Es evidente que el método adolece de una grave limitación, pues la arcilla tiene que haber permanecido fija en un lugar para que se pueda fechar. De lo contrario su magnetización no dirá nada con respecto a su relación con la dirección del eje magnético terrestre. En la práctica este método de fijación cronológica sólo es aplicable a antiguos hornos de arcilla y a objetos que por sus peculiares características raramente se mueven en el transcurso de los siglos.

Por lo general, todo fenómeno natural que está sometido a la sucesión temporal puede servir para el fechamiento en arqueología. Para algunos fines y algunas regiones han servido extraordinariamente los anillos de los árboles. Los principios básicos de este método cronológico puede estudiarlos; cualquiera que visite un sitio donde se esté realizando la tala de árboles. Un somero examen de un tronco cortado muestra una sucesión de anillos claros y oscuros. Cada anillo claro representa el crecimiento anual del árbol y se le denomina anillo anual. La diferencia de grosor de estos anillos anuales puede ser causada por las variaciones climáticas. Un verano seco da

ocasión a un anillo delgado y un verano húmedo, a uno grueso. Además los anillos tienden a ser delgados a medida que el árbol envejece.

El conocimiento de los anillos de los arboles como índices de crecimiento anual es muy antiguo, pero su aplicación a la arqueología se remonta a 1811 cuando el norteamericano De Witt Clinton contó los anillos de los árboles que habían crecido en las explanadas de Canandaigua, estado de Nueva York, y descubrió que los árboles habían estado creciendo durante varios siglos. Esto le proporcionó suficiente información para concluir que las construcciones que se encontraban en ese lugar no eran obra de los indios de su tiempo ni de los primeros colonos europeos, sino de algunos pueblos prehistóricos.

Entre 1901 y 1903 otro norteamericano, A.E. Douglas, director del observatorio de la Universidad de Arizona, se dedicó al estudio de las variaciones solares menores y de la relación que tenían con las condiciones climatológicas del suroeste de los Estados Unidos. Descubrió que los informes meteorológicos oficiales se remontaban a menos de cien años. Con ello se encontró con que no disponía de modelos claros de las fluctuaciones climáticas para aplicar la teoría de las variaciones solares a épocas anteriores. Pero conociendo los efectos que causan las variaciones climáticas en los anillos de los árboles pudo obtener los datos requeridos para su investigación. Además en base a sus trabajos realizados con árboles como el pino y el pino amarillo occidental, que tienen anillos de crecimiento muy visibles, desarrolló un método de fijación cronológica para las edificaciones antiguas en cuya construcción se había empleado madera y demostró que algunos sitios habitados por indios en Arizona tenían una antigüedad de 1900 años.

La datación cronológica mediante los anillos de árboles es más difícil de realizar en Europa que en el suroeste norteamericano por las condiciones climáticas europeas que sufren considerables variaciones de temperatura y humedad de un año a otro. No obstante, tras las investigaciones realizadas sobre muchos tipos de árboles y con la utilización de datos conocidos de talas, se ha desarrollado un método de medición de anchura de anillos anuales con el que se obtiene una cronología precisa de los mismos. Valiéndose de los datos de los anillos anuales de los pinos de los Alpes bávaros del territorio de Berchtesgaden, un científico elaboró un método de medición exacta que sirve para datar la antigüedad de las construcciones realizadas a partir del año 1,300 D.C.

Algunos técnicos en este campo de la investigación han estudiado las variaciones en las secuencias de anillos gruesos y delgados de los árboles europeos y las han comparado con las de los árboles americanos semejantes.

Se ha llegado a pensar en una relación entre ambas secuencias, a la que se ha denominado "teleconexión", pero hasta el momento no se han descubierto datos que la comprueben. Sin embargo ha surgido una cuestión interesante y es la de que el grosor de los anillos dentro de un ciclo de 11 años puede estar relacionado con los ciclos de 11 años de las manchas solares.

Una de las consecuencias más interesantes del desarrollo de los métodos de datación cronológica mediante los anillos de los árboles es que ha dado una pista a una expedición norteamericana que investiga en la región del monte Ararat, Turquía, sobre los restos del Arca. Sus esperanzas se han robustecido por el hecho de que un arqueólogo francés descubrió hace pocos años piezas de roble cortado hace 5,000 años. Como el roble no es un árbol que se desarrolla normalmente en el monte Ararat, este hallazgo reforzó las esperanzas de la localización del Arca, tal vez en el fondo de un lago profundo de sus proximidades.

Existen muchos otros métodos de fechamiento que abarcan desde la datación relativa -que es de gran utilidad en investigaciones geológicas e incluye el ciclo de las rocas y los estudios de las capas sedimentarias- hasta los métodos de datación absoluta que se basan en una gran cantidad de series radiométricas auxiliares. Sin embargo sólo se tratan en esta tesis los métodos más directamente relacionados con el universo del arte.

CAPITULO IV: APLICACIONES DE LAS TECNICAS  
DE LABORATORIO.

A) EVALUACION DE LOS OBJETOS.

En la primavera de 1945, al término de la Segunda Guerra Mundial, Europa era un caos. Los bombardeos, las devastaciones y las poblaciones desplazadas crearon un espectáculo que tardaría años en desaparecer. En el orden artístico hubo pillaje y traslación de obras de arte en una escala inusitada y difícilmente equiparable a la de algún otro tiempo. Una vez terminadas las hostilidades, las organizaciones nacionales e internacionales se entregaron a la inmensa tarea de recuperar y devolver estas obras a sus lugares de origen. Al margen de este escenario de agitación y esfuerzo, surgió de buenas a primeras la historia más extraordinaria de falsificaciones artísticas.

Los encargados holandeses responsables de la devolución de las obras holandesa a sus legítimos dueños llegaron a un extraño descubrimiento. Herman Goering, líder nazi que poseía una de las colecciones de obras de arte más completas del mundo, guardaba un cuadro del gran pintor holandés del siglo XVII Jan Vermeer, que no se conocía dentro del acervo artístico del maestro. El cuadro se titulaba Cristo y la Adúltera. El asombro inicial pronto degeneró en amargura. ¿Cómo era posible que un cuadro que había salido de los pinceles de un artista tan extraordinario se hubiera esfumado de Holanda? ¿Cómo había llegado a manos precisamente de uno de sus enemigos?

La fuerza policial holandesa montó inmediatamente una investigación que tras meses de trabajos y estudios descubrió al vendedor del cuadro. Lo arrestaron bajo el cargo de "colaboración con el enemigo", crimen que si se probaba llevaba consigo la pena de muchos años de cárcel. El hombre arrestado era un pintor de Amsterdam, Han van Meegeren.

Al principio van Meegeren negó con insistencia el cargo declarando que el no sabía que Goering había sido el último comprador. Dijo que él se servía para las ventas totalmente de un agente y que jamás le habían hablado de la identidad del comprador. Nadie le creyó y fue encarcelado. De repente cesó de protestar guardando un obstinado silencio incluso en los interrogatorios más duros. Parecía que una vez encerrado en prisión había resuelto no responder al cargo pero, a las seis semanas, cambió de actitud y volviéndose a sus guardianes les gritó: "Tontos. Sois tan tontos como los demás. Yo no vendo el gran tesoro nacional. ¡Yo mismo lo pinte!".

La reacción inicial de los policías y de los expertos fue de incredulidad: es claro que el hombre trata de evitar el castigo con una mentira

estúpida

estúpida.No se le tomó en serio hasta que pintó otro "Vermeer",Cristo Joven, en presencia de testigos.El asunto creó una conmoción pública pues van Meegeren había engañado a muchos críticos respetados.Para complicar el caso aún más,sólo se había falseado la firma del maestro pues nunca se copió algún cuadro sino simplemente se había pintado en el mismo estilo.

Los jefes de policía quedaron atónitos al saber que van Meegeren incluía en la serie de sus cuadros obras de los afamados Frans Hal,Pieter de Hoch y de otros afamados artistas holandeses de la época.Con gran habilidad se imitó el estilo de los grandes maestros y se pintaron obras cuya falsedad era de esperar llegarían a descubrir los expertos.Además de ser un maestro en técnicas,van Meegeren era un estudioso de la historia del arte y sabía que la mayoría de los pintores holandeses contemporáneos de Vermeer habían pintado escenas del Antiguo Testamento.Pero las pinturas bíblicas de Vermeer se habían perdido a excepción de una y los expertos de arte todavía abrigaban esperanzas de encontrar más cuadros.En realidad fue van Meegeren quien los "descubrió" para el mundo del arte y realizando lo que los expertos estaban dispuestos a aceptar alejó toda sospecha.¿Debería ser juzgado por las firmas o por sus cuadros?.Era una interesante cuestión legal y al fin fue juzgado por ambas cosas.

¿Cómo fue capaz van Meegeren de engañar a tantos expertos?.Antes de su confesión ninguno de los cuadros había sido sometido a un riguroso examen científico pues sólo se hicieron unos estudios superficiales a base de microscopio y espectroscopio, algunas pruebas de resistencia de las pinturas al alcohol y a otros disolventes y un análisis de los colores utilizados.Pero a causa de la predisposición de los expertos de aceptar los cuadros como la parte perdida de la obra de Vermeer,ninguna de las pruebas se realizó a fondo de modo que los resultados no fueron suficientes para levantar sospechas y los científicos se dejaron llevar por su experiencia y por sus emociones.El ojo entrenado resulta muchas veces la causa del inicio de una investigación pero nunca será suficiente por sí solo para pronunciarse sobre la autenticidad o falsedad de un objeto.Los técnicos modernos una vez alertas,probablemente hubieran descubierto las falsificaciones.Sin embargo no es del todo seguro pues van Meegeren tomó inmensas precauciones para evitar el desenmascaramiento.

La superficie o piel de una pintura al óleo seca en pocos días,pero el proceso completo de secado y endurecimiento,sobre todo cuando la pintura es gruesa,puede tardar 50 años.Conociendo este dato Van Meegeren hizo muchos experimentos con muestras de pinturas para tratar de reproducir los efectos auténticos de las pinturas antiguas con un proceso de secado de 3

tres siglos. Primero intentó calentarlos a diferentes temperaturas sin producir ampollas o decoloración. Luego recurrió a técnicas más sofisticadas. Había oído hablar de un material duro denominado baquelita, compuesto de fenol y de formaldehído, que se había elaborado en los Estados Unidos en 1908. Opinó que si la unión de los compuestos químicos antes mencionados producían un material duro como la baquelita también podrían endurecer sus pinturas en la forma en que él lo deseara y con esta idea trabajó durante dos años hasta que perfeccionó una técnica artificial de endurecimiento de sus pinturas mediante la cual logró realizar el formidable engaño.

No fue menos sorprendente su trabajo sobre pigmentos pues sabía que los pigmentos modernos no podían superar el más ligero análisis químico, así que decidió utilizar pigmentos naturales. El azul favorito de Vermeer era el auténtico azul de ultramar que se extrae de la piedra preciosa llamada lapislázuli. Van Meegeren declaró que había conseguido auténtico azul de ultramar de Winsor y Newton, uno de los principales proveedores de los artistas londinenses, quién confirmó que se habían hecho doce onzas de ultramar respondiendo a cuatro pedidos separados. El pigmento es tan caro y su demanda tan rara que se supuso que van Meegeren había sido el cliente en todas las ocasiones. Es posible que van Meegeren hiciera una moledura final del pigmento, pues en dos de sus falsificaciones se descubrió azul de cobalto, pigmento que no se conoció sino hasta 1802.

Al recoger los datos contra van Meegeren los científicos observaron trazas de fenol y de formaldehído así como la presencia de residuos de tinta negra en el resquebrajado barniz -el cuadro se había sometido al desquebrajamiento para imitar el aspecto de los cuadros antiguos-, pero el caso es que se aplicaron los exámenes para la determinación de tales productos sólo cuando los técnicos conocieron los procedimientos de endurecimiento revelados en las declaraciones y sin éstas no es probable que hubieran dado con el engaño. La verdad es que sólo un contratiempo circunstancial -la adquisición del cuadro Cristo y la Adúltera por Goering- desenmascaró al falsificador. Las acusaciones penales presentadas en su juicio fueron recogidas solamente después de su confesión y el experto falsificador fue condenado a un año de cárcel en donde murió un mes después, el 29 de diciembre de 1947.

El hecho de copiar o imitar una obra no es legalmente en sí un delito de falsificación, aún cuando se vendan las copias. El crimen de la falsificación sólo se comete cuando el falsificador dispone de la copia como genuina obra de arte.

La historia de las falsificaciones artísticas no se limita al siglo XX. Hay dos anécdotas que relacionan a la falsificación con uno de los ma-

yores maestros mundiales. Giorgio Vasari -historiador, arquitecto y pintor del siglo XVI- escribe que cuando Miguel Angel estudiaba en el estudio de Ghirlandio "se le dio el dibujo de una cabeza para copiarlo, lo que realizó con tal maestría que su profesor tomó la copia que le entregó Miguel Angel por el original hasta que encontró al muchacho regocijándose de su éxito con uno de sus compañeros. Más tarde, muchos compañeros compararon los dos lienzos sin encontrar diferencia entre ambos pues, para conseguir una copia perfecta del original, Miguel Angel se cuidó de ahumar el papel de su copia para hacerla aparecer tan antigua como su modelo". En otra ocasión se dice que Miguel Angel había esculpido una copia perfecta de la estatua griega antigua, Cupido dormido; para darle una apariencia de antigüedad la enterró en tierra húmeda y posteriormente la vendió en Roma en 1496.

En el Renacimiento la manía de colecciones fue tan grande que sólo puede compararse con la de hoy en día. Vasari ya habla de muchos incidentes de artistas renombrados produciendo copias de la antigüedad y también de parches en los que se unían partes tomadas de obras originales. La historia jurídica demuestra que la carrera de falsificador es de un riesgo considerable. En 1562 las leyes inglesas establecían que el falsificador de una firma podía sufrir la pena de ser encarcelado, de ser colgado de argollas, de sufrir la amputación de las dos orejas y de corte y quema de la nariz. En 1634 la falsificación se declaró ofensa capital. En los Estados Unidos el castigo usual para la falsificación es el de largos años de prisión.

Los directores de museos se enfrentan con un problema muy delicado al realizar sus funciones de asesoramiento en compras pues no es su propio dinero el que se pone en juego. Por lo general se trata de enormes recursos públicos y suscripciones privadas. Por ello deben respaldarse en los expertos y apoyarse en los trabajos de laboratorio, pero es tan grande la variedad de objetos a coleccionar que a menudo no pueden evitar la adquisición de falsificaciones. En estos últimos años las autoridades han encontrado intentos de hacer pasar como verdaderos no sólo pinturas, que han sido casi siempre las falsificaciones favoritas, sino también objetos tan variados como gatos de bronce, piezas de tapices, cerámicas y figuras de vidrio romano antiguo. Hay una gran demanda de arte antiguo americano y muchos incautos han comprado en México y en Centroamérica cerámicas prehispánicas recién hechas y que apenas han tenido tiempo de enfriarse. Un cuidadoso estudio de mercado pone al falsificador en potencia en condiciones de aprovecharse de los gustos de los coleccionistas de arte. En España existía una fábrica subterránea que producía excelentes imitaciones de armaduras anti-

guas. Actualmente en Alemania Oriental y en Francia se producen violines que pretenden ser auténticos Stradivarius. Buena cantidad de ellos se "importaron" en 1930 de Checoslovaquia y es imposible saber cuántas falsificaciones andan circulando -al igual que en las demás ramas artísticas- pues el individuo que ha pagado una buena cantidad por una copia se resiste a aceptarlo.

Durante los últimos años el Museo Metropolitano de Nueva York, el Museo Británico y el Museo Ashmoleo de Oxford, entre otros, compraron cerámicas neolíticas descubiertas en Hacilar, Turquía. No pasó mucho tiempo sin que algunos objetos comenzaran a despertar sospechas en cuanto a su estilo y técnicas empleadas en su fabricación y al aplicarles las técnicas termoluminiscentes de fechamiento se descubrió que no tenían una antigüedad de 7,500 años como se presumía, sino que eran de manufactura reciente. En 1971 la policía turca arrestó a un hombre acusándole de falsificar cerámicas neolíticas. Parece que este empresario aprovechándose de la demanda mundial de los objetos de la excavación introdujo sus falsificaciones dentro de las líneas comerciales.

Los encargados de los Departamentos de Monedas y Medallas deben estar prevenidos contra los nuevos "Billy y Charlie". Estas son unas pequeñas medallas falsas que han heredado su nombre de dos tipos que en el siglo pasado se ganaban la vida hurgando en el cieno de las marismas londinenses. Un día vieron a un trabajador extraer del fango un montón de medallas de la época de las peregrinaciones a la Tierra Santa y a otros lugares sagrados. Como vieron que eran muy solicitadas por los coleccionistas y que se cotizaban a buen precio, Billy y Charlie se dieron a la tarea de rescatar medallas pero pronto decidieron dedicarse a fabricarlas a gran escala. Por las noches las enterraban en el fango y en la siguiente marea baja las extraían procurando rodearse de bastante publicidad. Durante un tiempo vivieron bien a cuenta de su empresa pero al fin suscitaron sospechas en algunos traficantes. Sin embargo unos investigadores limpiaron las medallas, las analizaron y su veredicto fue que eran genuinas, lo que dió mayores estímulos a la pareja que decidió continuar con la falsificación adquiriendo grandes beneficios. Desgraciadamente para ellos un técnico más perspicaz que los anteriores comprobó una ligera variación en sus producciones. En torno al borde de las medallas había extraños caracteres orientales que parecían arábigos pero que en realidad eran un sissentido. Además la mayor parte de las medallas llevaban fechas del siglo XI y el sabio puntualizó que la lengua árabe no se conoció en Europa sino hasta el siglo XIII. Con mucho sigilo la policía cerco el taller clandestino. A Billy y Charlie les

había llegado su hora.

En 1918 la súbita aparición de esculturas en algunos escaparates de París conmocionó a los coleccionistas pues surgieron a la luz ejemplares griegos, romanos, góticos, renacentistas y de otros períodos. Se extendieron rumores de que se estaba poniendo a la venta una gran colección privada y como los compradores sabían que las piezas provenían de Italia, algunos incluso supusieron que se trataban de algunos tesoros del Vaticano. Cada vez que aparecía una estatua se le aclamaba como obra de un genio antiguo y muchas ocuparon rápidamente los puestos privilegiados en los más famosos museos del mundo. En 1928 se descubrió la verdad. Las estatuas cinceladas por "artistas de los siglos pasados" eran obra de Alceo Dossena, un cantero italiano del siglo XX.

Dossena no era un falsificador en el sentido estricto de la palabra pues, al igual que van Meegeren que no copió nada sino que pintó al estilo de los clásicos, Dossena trabajó con habilidad y sin malicia en estilos antiguos inconfundibles. A diferencia de van Meegeren, Dossena no tenía intenciones criminales y de hecho fue cruelmente explotado por intermediarios que le encargaban la realización de las obras y las pagaban con unas cuantas liras para revenderlas posteriormente a precios desmesurados. Dossena por fin se dió cuenta de cómo se le estaba manipulando y declaró a varios historiadores de arte que él era el creador de las esculturas. Nadie le creyó. ¿Un simple cantero italiano creador de tan valiosas obras de arte? ¡La idea era ridícula!, además sería un golpe mortal para las reputaciones de los críticos si fuera verdadera la afirmación de Dossena.

Dossena en su empeño por demostrar sus afirmaciones hizo que lo filmaran mientras trabajaba. Más tarde escribiría un miembro del equipo de filmación: "Dossena trabajaba tan rápido y sus resultados eran siempre tan inesperados que nuestras cámaras difícilmente podían seguirle... En media hora había modelado en arcilla la figura de una diosa de unos 60 cm de altura de estilo ático (o sea la forma de la antigua Atenas)..".

Pero el mundo del arte a pesar de la gran habilidad del escultor, lo rechazó. Sus obras que habían alcanzado precios monumentales decayeron rápidamente a las cotizaciones de falsificaciones baratas mientras los directores de los museos y los coleccionistas privados sufrían su rabia y vergüenza. Los técnicos empezaron a descubrir pequeños defectos que, según ellos deberían haber sido descubiertos anteriormente. Los críticos habían sufrido la humillación y la gente perdió el interés por las obras de este artesano que murió desamparado en un hospital de pobres de Roma en 1937.

El falsificador si es astuto, decidido y posee conocimientos técnicos

e históricos considerables cuenta con armas muy poderosas en sus manos pues siempre tendrá la ventaja de la sorpresa por cuanto dispone de oportunidades de deslizar el fruto de su esfuerzo bajo la protección de un comerciante,coleccionista o experto.

¿Con qué armas puede contar el detective del arte a su favor?.La fotografía con rayos X o radiografía es un instrumento muy útil para el examen de toda clase de objetos no metálicos.En lo que respecta a las pinturas descubrirá las diversas capas de pintura,el dibujo y el boceto.Mostrará el estado del panel en la época de su elaboración y,como en el caso del tríptico de Siena del Instituto Courtauld de Londres,señalará inmediatamente su falsedad.Una radiografía de esa obra demuestra que el dorado y la pintura se habfan sobrepuesto en una madera ya carcomida;que las bisagras eran modernas y que se habfan empleado tallas hechas a máquina en el marco.

Los rayos X pueden incluso dar una idea de la composición química de las pinturas mediante la diferencia de tonalidades.Por ejemplo,el experto puede apreciar una ligera tonalidad en la placa revelada lo que le indicará la presencia de plomo.No hay duda de que los rayos X constituyen en muchos casos uno de los mayores obstáculos para el falsificador,quién en ocasiones trata de burlarlos mediante la inserción de una fina hoja de plomo entre la capa de imprimación y el soporte,pero no es un procedimiento muy inteligente ya que el hecho de que aparezca una fotografía en blanco sirve para levantar sospechas.Los rayos X también pueden ser muy utiles para determinar la autenticidad de la cerámica y del mobiliario,pues en ambos casos descubrirá detalles subyacentes bajo los vidriados,pátinas o pulimentos de la superficie que el ojo no detectaría.

La luz ultravioleta es una ayuda valiosa para descubrir los retoques o alteraciones recientes,sobre todo en pinturas.No descubrirá la falsificación como los rayos X pero hará fluorescentes a las recientes adiciones o retoques.Una fotografía con rayos infrarojos dará resultados similares pero es menos sensible.Sin embargo tiene la ventaja de que hará visibles los detalles que se encuentran casi totalmente borrados.

Otro instrumento eficaz para el examen de las pinturas y otras obras de arte es la microfotografía.Cuando se acopla una cámara fotográfica a un microscopio y se realiza una gran ampliación del negativo se hacen visibles una gran cantidad de detalles invisibles aún con la ayuda de la lupa.La ampliación microfotográfica mostrará hasta los ultimos detalles de las pinceladas,del trazo de la punta de grabar,del acabado de un mueble,la decoración pintada sobre una pieza cerámica,la verdad total.El falsificador

que pretenda engañar a la microfotografía se enfrentará con dificultades mayores que las que presentan los rayos X. Su única esperanza se limita a asimilar completamente el estilo y la técnica del artista a quien trata de falsificar.

En el análisis microquímico de pinturas se obtiene mucha información que constituye prueba de autenticidad o falsedad. Con una aguja hipodérmica se saca una minúscula muestra de pintura -que es una sección transversal desde la superficie de la pintura al lienzo- que al ser colocada en un portaobjetos mostrará las capas de barniz, pintura, imprimatura, imprimación y las distintas capas de color. La posibilidad de este método para revelar las capas de color es particularmente importante, pues determina de modo definitivo los pigmentos individuales que se hayan introducido. En la misma medida en que avanza la tecnología avanzan los instrumentos del detective del arte.

Merece una mención especial el truco más reciente de los falsificadores que consiste en destruir parcialmente la obra realizada para restaurarla honradamente después. Si el proceso se realiza inteligentemente puede constituir un engaño formidable pues, en muchos casos, el mero hecho de encontrarse con una obra evidentemente restaurada tranquiliza y da sensación de autenticidad. Pero es posible que el engaño quede descubierto en el laboratorio.

## B) CONSERVACION DE LAS OBRAS DE ARTE.

Toda la historia de la humanidad se incorpora a la vida del hombre mediante la contemplación y el estudio de los tesoros que han legado los hombres a través de los tiempos. La palabra "tesoro" evoca generalmente imágenes de joyas y de objetos de oro y plata recamados de piedras preciosas, o de arcas rebosantes de monedas, perlas y diamantes. Sin embargo, los mínimos hallazgos descubiertos en una excavación arqueológica -una simple arma de piedra, restos de comida dejada en una tumba de hace mil años, o un disco y un radio rotos de una rueda antigua, todos ellos objetos de mínimo valor intrínseco-, pueden constituir también tesoros de la mente, o sea un medio por el cual se pueda establecer un lazo de unión con el pasado del hombre. Y en este sentido los albergues de los tesoros son hoy en día los museos y galerías de arte, donde se encuentran los objetos del pasado, tanto los de uso común como las más elevadas expresiones artísticas y cuyo conjunto ofrece un panorama más completo del extraordinario mosaico que constituye la herencia cultural del hombre.

Los directores de los museos y galerías, custodios de tan preciados tesoros, tienen una alta responsabilidad y deben resolver muchos problemas, de los que ninguno es tan complicado como el de la decisión de mostrarlos al público mediante una exhibición; pues al mismo tiempo que deben enseñarlos al mayor número de público posible, deben de proteger esos objetos de valor incalculable y frecuentemente frágiles.

La forma más perfecta de conservar una pintura desvaída de hace 500 años o un frágil manuscrito que data de un milenio de años A.C. es la de no exhibirlos y guardarlos en recintos especialmente construidos a prueba de toda luz, pero esto supondría la destrucción de su valor, en cuanto a obra de arte, ya que nadie lo podría ver. Frente a esta actitud extrema cabe encontrar un término medio de seguridad que permita su contemplación sin que implique la destrucción del objeto exhibido.

Por extraño que parezca, la luz es uno de los mayores peligros de un museo. No es precisamente la luz visible la que puede dañar a los pigmentos y tintes, a las fibras textiles (tanto naturales como sintéticas), a las gomas y colas, a los barnices e incluso al papel; sino los rayos ultravioletas de la luz natural y artificial. Los efectos de la luz sobre los ingredientes de las pinturas al óleo son menos evidentes pero producen la decoloración de sus barnices, su rotura y descomposición. Las acuarelas son más sensibles a sus efectos porque carecen de esa capa de aceite seco que protege a las pinturas al óleo.

Una luz sin control puede desvanecer los colores de los bordados y tapices en cuestión de semanas. Pero el desvanecimiento no es su único peligro. Bajo ciertas condiciones de iluminación, las fibras sufren una auténtica desintegración por la ruptura de su estructura molecular. Unas bellas prendas de seda, por ejemplo, expuestas a la luz durante unos años pueden quedar reducidas a fino polvo. Por ello, una luz tenue es tal vez para muchos objetos una respuesta al conflicto planteado entre las necesidades de exhibición y de protección.

Para proceder al control de la cantidad de luz se precisa de una medida previa. La unidad internacional de medida de la luz es el lux, cantidad de iluminación incidente en una superficie situada a un metro de una fuente de brillo normalizado conocida como candela internacional. En un día brillante de verano, la superficie expuesta directamente a la luz solar puede registrar hasta 100,000 lux. En un día grisáceo o muy nublado, las paredes interiores de un museo o galería de arte registran cerca de 600 lux. Lo óptimo de luz para la exhibición de las pinturas al óleo es de 150 lux como máximo y para objetos sensibles como las acuarelas, estampas, dibujos y tapices, el nivel recomendado desciende hasta 50 lux. Con visión aceptable.

En la actualidad van en aumento los museos que eliminan la luz natural y dan preferencia a la artificial, por ser más fácil de regular. Y los que todavía dependen de la luz solar acuden a medios muy complejos para controlar su intensidad. En el Victoria and Albert Museum, de Londres, la colección Real de tapices y cuadros está protegida mediante un sistema electrónico de persianas venecianas que operan sobre las ventanas y claraboyas. Las variaciones de la intensidad de la luz solar se detectan mediante fototoceldas que controlan los circuitos eléctricos que alimentan los motores que abren y cierran las persianas.

Otro procedimiento para controlar la luz es el de bloquear las perniciosas radiaciones ultravioletas mediante un vidrio especial compuesto de dos láminas de vidrio transparente y de otra lámina de plástico incrustada entre las dos y que absorbe a los rayos ultravioletas. Una técnica mucho menos cara consiste en recubrir el vidrio ordinario con un barniz capaz de absorber las radiaciones perjudiciales.

La iluminación de baja intensidad es, con mucho, la protección más eficaz para los objetos muy sensibles a la luz, pero tiene el inconveniente de que resulta desagradable para los visitantes. Esto lo saben los funcionarios de los museos por lo que estimulan las investigaciones para llegar a una solución razonable a la doble necesidad de proteger y exhibir.

La luz es el primer agente destructor de los tesoros humanos. El se-

gundo, o tal vez tan dañino como la luz, es la contaminación atmosférica. El creciente proceso industrializador del mundo hace que grandes cantidades de gases corrosivos y otras sustancias nocivas invadan la atmósfera. De todas ellas la más peligrosa en potencia es el  $\text{SO}_2$ , del que se producen millones de toneladas anuales. En la ciudad de Los Angeles, los coches y camiones despiden unas 400 toneladas diarias. Cada año, en cada gran ciudad los hornos que funcionan a base de carbón y aceites emanan alrededor de 10,000 toneladas de  $\text{SO}_2$ . Este gas tiene la propiedad de que al disolverse en la lluvia, la nieve o la niebla, se convierte en  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , ácido de enorme corrosividad que ataca a la piedra y las superficies metálicas; el  $\text{SO}_2$  es un reductor enérgico que ataca al barniz pastoso de los objetos antiguos, a las pinturas desprovistas de protección y en general a casi todos los objetos propios de museo. En algunos casos el ataque puede resultar fulminante y dramático; en otros, los agentes destructivos que impregnan la atmósfera pueden realizar su obra lentamente pero con una eficacia implacable. En un cierto número de años, por ejemplo, las fibras de que se compone el lienzo se ablandan, los colores palidecen, las superficies se corroen y resquebrajan. El examen de esculturas metálicas y de piedra erigidas en lugares próximos a los complejos industriales explica con elocuente claridad el proceso de deterioro. Los fenómenos de decoloración, de corrosión de las superficies y del desmoronamiento pueden verse por doquier. Incluso los edificios y esculturas del siglo XX están amenazadas.

Pero hay otro peligro. En climas desérticos como los del norte de Africa, del Medio Oriente y de América del Sur, el máximo peligro lo constituyen el polvo, la arena y la excesiva sequedad de la atmósfera. En los climas tropicales, la excesiva humedad crea otros problemas, ya que favorece el desarrollo de mohos que llegan a producir decoloración y descomposición. Los museos situados en áreas costeras están amenazados por el salitre que arrastran los vientos marítimos.

Todos los museos necesitan un sistema de renovación de aire. Es posible colocar un equipo que elimine del aire que se filtra hasta el 99% del polvo fino que arrastra, pero su costo es enorme y, por otra parte, no es absolutamente necesario para los museos un equipo de tal envergadura. Hay otras máquinas con una eficiencia eliminatoria del 95%, pero incluso éstas se encuentran por encima de los recursos económicos de que disponen la mayoría de los museos. En lo que respecta al  $\text{SO}_2$ , por tener la propiedad de ser muy soluble en agua, puede eliminarse mediante un lavado del aire que entra, por el simple procedimiento de hacerlo pasar por agua pulverizada. Hay otro método, el de hacer circular el aire por un lecho de carbón pre-

viamente sometido a un tratamiento que incremente su capacidad absorbente. Este método tiene el inconveniente de que sólo elimina un 60% de este dañino gas en su primer paso pero, mediante una recirculación es más efectivo.

Así como la filtración es la respuesta adecuada a la contaminación atmosférica, el aire acondicionado lo es para el control de la humedad. El contenido de humedad se mide en términos de humedad relativa. Para la mayoría de los objetos que se exhiben, el ideal de humedad relativa se encuentra entre un 50 y un 65%. Cuando la humedad relativa es muy baja, el papel, el cuero y la madera se endurecen y se vuelven quebradizos, a veces en grado peligroso. Si es demasiado elevada, sobre todo si la ventilación es mala y las salas son húmedas, pueden producirse mohos que den lugar a descomposición. En los climas secos la humedad relativa puede elevarse mediante un vaporizador de agua. Donde el clima natural es húmedo, se puede secar el aire que entra mediante un equipo de aire acondicionado o haciéndolo pasar a través de una sustancia que absorba agua.

El museo, al propio tiempo que debe atraer a los visitantes para que contemplen sus objetos, debe tenerlos a buen recaudo de los primeros. Todo director es conciente de que a cualquier hora pueden acechar los ladrones. También sabe que por desgracia, entre las multitudes que se apiñan en las galerías pueden inmiscuirse los ladrones "coleccionista", que se preñan de los objetos que no están resguardados y se los llevan. Un tercer, tipo tan peligroso como el ratero es el vándalo, que puede dañar los objetos por puro placer. Armado de un bolígrafo puede echar a perder los ojos de un retrato, arrancar una masa de pintura de un paisaje de Van Gogh o marcar sus iniciales en un mármol antiguo.

¿Cómo es posible que sucedan robos en los museos?. Es un hecho realmente triste comprobar el creciente número de ladrones que descubren las insuficiencias existentes en los edificios de los museos y en sus sistemas de seguridad. Sólo en Estados Unidos se dan anualmente cinco o seis robos en los museos y galerías. Se roban pinturas, libros, estatuas y cosas curiosas que atraen no sólo al ladrón profesional del arte, sino también al coleccionista. La creciente oleada de coleccionistas eleva el valor de las obras de arte a precios inconmensurables, especialmente el de las piezas antiguas. En 1970, Los cipreses y el árbol en flor, de Van Gogh, se vendió en un millón trescientos mil dólares; pero en ese mismo año El Retrato de Juan Pareja, de Velázquez, se vendió en cinco millones y medio de dólares. Salta a la vista la razón por la que los ladrones muestran su preferencia por los museos. Lo que sí es sorprendente es cómo pueden abrigar los ladrones esperanzas de disponer de objetos tan renombrados y generalmente bien documen-

tados. A veces las pinturas y objetos robados aparecen en los lugares más inverosímiles, como en los armarios de las estaciones ferroviarias. Probablemente es un signo de frustración por no haber podido disfrutar del botín. Pero un número importante de obras desaparece para siempre en las colecciones de ricos excéntricos que las tienen para su disfrute privado.

Por otra parte, la aplicación de sistemas de seguridad se dificulta aún más con la creciente afluencia de visitantes. Las estadísticas demuestran que pasan de veintidos millones por año el número de visitantes de los doce mil museos y galerías de arte esparcidas por el mundo.

Los medios más simples para proteger las exposiciones incluyen, aparte de los vigilantes permanentes, cierres de seguridad a pruebas de robos y vitrinas irrompibles. Pero los criminales con más determinación pueden burlar la existencia de estos medios de seguridad. Los nuevos sistemas electrónicos, que abarcan desde la televisión de circuito cerrado hasta la alarma de rayos ultrasónicos, son más costosos pero más eficientes.

Un sistema de seguridad empleado en Viena funciona en base de 30 señales. Los guardias que custodian el edificio deben accionar estas señales dentro de los plazos marcados. Si falla la emisión de la señal automática se cierran inmediatamente todas las salidas del museo y la policía recibe automáticamente una señal de alerta por un cable directo.

Los diseñadores actuales de las vitrinas de exposición trabajan con una amplia serie de materiales plásticos transparentes, el más importante de los cuales es el llamado luckita o perspex. Tiene la ventaja de que las láminas de este material pueden juntarse directamente entre sí o mediante delgados marcos para dar elegancia a las vitrinas y, asimismo, consistencia y duración. Las láminas de luckita son casi a prueba de golpes y es fácil introducir entre ellas cables finos con los que se puede montar un sistema de alarma, dotando a la vitrina de doble protección. La luckita presenta el inconveniente de que es difícil de modelar en formas tridimensionales. Para estos casos se utiliza el poliuretano.

Con frecuencia los museos aceptan afrontar dificultades adicionales al permitir que sus colecciones se exhiban en otros lugares con los riesgos impredecibles que involucra su traslado. Por fortuna se han dado muy pocos casos de pérdidas o deterioros en los traslados, pero el hecho de su posibilidad es real y evidente. En el pasado tuvieron lugar intercambios entre museos y galerías, aunque limitados en la mayoría de las ocasiones a países europeos no distantes entre sí y con condiciones climáticas muy semejantes. A partir de 1965 es costumbre compartida los traslados desde las áreas templadas a las frías pasando por las tropicales, pues los museos han

comenzado a enviar sus exposiciones por todo el mundo. Cuando estos objetos atraviesan regiones de humedad y temperatura muy diferentes pueden sufrir condensaciones dentro de sus cajas transportadoras, lo que puede producir la formación de mohos en las pinturas o la corrosión de los metales. Así sucedió con una estatua de bronce de Buda cuando se trasladó de Japón a Estados Unidos, cuando la condensación produjo una terrible corrosión en su superficie, destruyendo gran parte de la pátina de la estatua.

Según los expertos, el envase para el transporte de piezas artísticas debe ser hermético. Para mantener la humedad relativa en los niveles adecuados se debe de añadir algo de madera especialmente tratada u otro material higroscópico para que empape el embalaje y conserve la humedad. Para mantener la temperatura constante se recurre al uso de aislantes. Además es preciso aplicar un material almohadillado para salvaguardar a la obra de arte de los golpes bruscos y de las vibraciones violentas, causadas por los propios motores del avión o del barco en que se transporta. Las obras de mármol y de cerámica son especialmente vulnerables a las vibraciones, incluso a las normales si son constantes, pues pueden causar pequeñas roturas y estropear su estructura total.

En 1962, el Papa Juan XXIII autorizó el traslado de La Piedad, de Miguel Angel, del Vaticano a Nueva York, para la Feria Mundial que habría de celebrarse en 1964-1965. El mayor problema de embalaje consistió en asegurar la más completa protección contra la más mínima vibración. Tras numerosas pruebas de embalaje se decidió enterrar la estatua entre bolitas de espuma plástica extendida dentro de dos enormes cajas, de madera, la interior y de acero, la exterior. Las dos cajas iban forradas con láminas de plástico elástico para asegurar el mayor aislamiento posible. Se le añadió otra medida de seguridad: la caja se colocó en la cubierta del barco, considerada como el lugar más ajeno a las vibraciones de las máquinas. A la operación se le impuso la condición de que en caso de hundimiento del barco transportador, la caja a pesar de su peso, de unas cinco toneladas, pudiera flotar. Aunque esto era poco probable, a la caja se le acopló un transmisor especial para que enviara automáticamente una señal internacional de alarma, si surgiera necesidad. La operación resultó perfecta y La Piedad retornó al Vaticano en perfectas condiciones después de haber sido contemplada y admirada por los 27 millones de visitantes de la Feria Mundial.

Por ironías del destino, mientras la estatua se encontraba "segura" en San Pedro, La Piedad fue salvajemente atacada por un lunático que proclamaba ser Jesucristo. Para colmo de las desgracias esto ocurrió en mayo de 1972, un mes antes de que se realizara el proyecto de encerrarla en una

vitrina de vidrio irrompible. Blandiendo un martillo, el hombre brincó sobre la estatua y la golpeó varias veces, ocasionándole grandes deterioros antes de que lograran detenerlo. La restauración se hizo mediante una pasta de mármol y tardó casi un año. Luego se trasladó a San Pedro, donde se encuentra dentro de una vitrina a prueba de balas y con alarmas.

También la Monna Lisa dejó su domicilio permanente del Louvre, en 1962 y fue llevada por mar a Washington para su exposición, y a continuación a Nueva York. Los problemas del viaje fueron similares a los anteriores, aun cuando los cuadros son mucho más sensibles a los cambios de temperatura y humedad.

La Monna Lisa, que está montada en un panel de madera y no en un lienzo, se conserva en una atmósfera de 50% de humedad relativa y una temperatura de 17.7°C. Los expertos del Louvre ordenaron la fabricación de una caja hermética de material aislante, con 15 cm de grosor de PVC, que es un extraordinario parachoques. El cuadro se mantenía en su posición dentro de la caja mediante bloques de plástico esponjoso, similar al utilizado para hacer vasos para bebidas calientes. Finalmente iba precintado con piezas de caucho, por arriba y por abajo. Para asegurarse de que la caja servía, se hizo una prueba previa con una pintura sobre panel de madera de mucho menor valor, pero de la misma época. Los técnicos se encargaron de precintar todo alrededor los instrumentos de medición y grabación de temperatura y humedad relativa. A continuación colocaron la caja en una cámara ambiental, en la que pueden producirse los climas deseados, y se simuló un viaje imaginario a través de regiones climáticas muy diferentes entre sí. Cuando se abrió la caja, los especialistas comprobaron que sus medidas fueron eficientes: la temperatura y la humedad relativa habían permanecido constantes.

Tanto en el viaje como en la exposición, de la Monna Lisa, fue custodiada de día y noche por guardias armados y se limitó la entrada a la sala a un número restringido de visitantes cada vez. Tras meses de ausencia la pintura volvió al Louvre después de ser contemplada por más de un millón y medio de personas de todas las localidades de los Estados Unidos. Las autoridades del museo demostraron un gran valor, al dar su previa conformidad para la operación, y los técnicos demostraron su capacidad para proteger a una pieza maestra e irremplazable de los riesgos que implica un viaje oceánico de seis mil millas.

### C) RESTAURACION DE OBRAS DE ARTE.

A los hombres que luchan contra el deterioro de los objetos artísticos, reparan sus daños y los protegen de otros males se les llama restauradores. Su trabajo puede clasificarse en dos categorías. La primera comprende la limpieza de los tesoros recién hallados y el fortalecimiento de los que son frágiles. A este proceso se le llama consolidación. La segunda es la de preservarlos y mantenerlos en las galerías y museos. Los restauradores se especializan generalmente en uno de los múltiples campos como pintura, piedra, metales, textiles, cerámica o vidrio.

#### PINTURAS MURALES.

Un requisito básico para planear la conservación de pinturas murales es reunir toda la información posible sobre las obras que deben preservarse. Por lo tanto se debe establecer un inventario sistemático que sirva de base para registrar la situación y el estado de las obras en cuestión. De aquí podrá deducirse si se puede proteger la obra "in situ" o si la única esperanza de conservación es su traslado a un museo.

Puesto que generalmente las pinturas murales forman parte de un conjunto monumental al que están expresamente destinadas y que a su vez ofrece una influencia determinante sobre su carácter y su efecto estético, cualquier traslado se traduce inevitablemente en una desfiguración y tal vez un deterioro estructural del monumento en su conjunto, del ambiente arquitectónico en particular y de la propia pintura. Por esta razón, el traslado de una pintura debe considerarse siempre como una operación extrema y excepcional que no debe hacerse si no se tiene la certeza de que son imposibles otras medidas de conservación.

Por otra parte, siempre se debe de tomar en cuenta que los intentos de combatir un proceso de deterioro sin identificar y suprimir las causas que lo producen están condenados al fracaso.

El orden de las etapas seguidas en la restauración es el siguiente:

1.-EXAMEN PRELIMINAR. El examen visual, que debe tener siempre prioridad, revelará la mayoría de las veces la naturaleza y amplitud de los problemas planteados: limpieza de las superficies, incrustaciones, deterioro mecánico. Para apreciar el grado de adherencia del color y del estado general de la superficie puede ser particularmente eficaz una luz tangencial móvil. Una linterna potente o un proyector de luz polarizada revelará las más pequeñas irregularidades de la superficie debidas, por ejemplo, al cuar-

teamiento de la capa de pintura. Para determinar la adherencia del sustrato al soporte puede ser necesario golpear suavemente la pintura con un nudillo, un sonido hueco indica la presencia de una cavidad de aire. Con la experiencia se aprende pronto a apreciar por el sonido el grado de adherencia. El grado de cohesión entre la capa de pintura y el sustrato puede determinarse observando la resistencia de la superficie al roce, porque donde es débil la pintura se vuelve pulverulenta. También es importante determinar el grado de humedad -en particular cuando cabe la posibilidad de que se traslade la obra- mediante la frotación de un trazo húmedo sobre la superficie, en un punto poco importante de la misma. Debe tenerse presente que ciertos colores son más sensibles a ese respecto con un medio especial, por lo que es fácil conocer las técnicas de las diversas escuelas de pintura.

Las manchas opalescentes o blancas pueden ser debidas a la presencia de microorganismos o eflorescencias salinas. En tales casos es conveniente confiar la identificación al laboratorio.

Cuando una pintura muy gastada es difícil de distinguir, con frecuencia cabe obtener más información empleando la luz ultravioleta filtrada (fluorescencia) y los resultados del examen pueden registrarse fotográficamente.

2.- LIMPIEZA. La limpieza de las superficies puede hacerse por medio de un cepillado para eliminar el polvo, seguido de la aplicación de un disolvente o de un abrasivo.

Las eflorescencias salinas se eliminan con un cepillado seguido de un lavado con agua; después se le aplica pulpa de papel húmeda a la superficie de la pintura para extraer las sales que se disuelven y absorben al secarse la pulpa. Mientras se extrae las sales del pigmento se protege con una aplicación de nylon soluble en disolución acuosa.

Cuando se trata de sales insolubles, yeso, estalactitas o carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), se raspa con escalpelos con mucho cuidado. Las proliferaciones vegetales, musgos o líquenes, se envenenan con cloruro de cinc o de magnesio. Para los hongos y algas se usa formól o pentaclorofenato de sodio al 2%, pero se requiere de una ventilación adecuada.

Los disolventes más adecuados son amoníaco del 10 al 20%, para eliminar polvo y grasa (humo); butilamina ( $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\text{NH}_2$ ) del 10 al 20% y ciclohexilamina ( $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ ) del 80 al 90%, ambos son muy eficaces para eliminar las capas superpuestas de las pinturas al óleo.

Cuando la superficie es muy dura se limpia con alguno de los disolventes anteriores y después se aplica un abrasivo (tierra de diatomeas o piedra pómez).

Finalmente para eliminar la cera de las pinturas, que toma unicolor

oscuro y se vuelve pulverulenta, se emplea tetracloruro de carbono o tricloro etileno.

3.- CONSOLIDACION. La fijación de una pintura es necesaria cuando se cuarteo o pulveriza. Un buen fijador debe tener suficiente fuerza adhesiva para consolidar la pintura, debe ser incoloro, muy penetrante, resistente a la abrasión y sobre todo no debe modificar los colores y tonalidades de los mismos. Un fijador es una resina de tipo acrílico que se aplica con un pincel o por pulverización, si se disuelve en tolueno. Una disolución del 1 al 5% se inyecta desde la superficie hasta las lagunas eligiendo los sitios donde produzcan el mínimo daño, los orificios son de 2 a 3 mm de diámetro y se utiliza uno por cada bolsa de aire; primero se inyecta una disolución en alcohol y agua para que elimine el aire y humedezca el sustrato y posteriormente se aplica la resina. Si el hueco que debe rellenarse es bastante grande es preferible añadir alguna carga como arena fina o polvo de mármol.

4.- RETOQUES. Para retocar las partes faltantes se requiere de un operador que posea destreza profesional, que comprenda la importancia de la obra como documento artístico e histórico y que aprecie las cualidades de la misma.

5.- TRATAMIENTOS DE ESPACIOS O LAGUNAS EN BLANCO. Si los espacios faltantes son grandes lo mejor es dejarlos sin retoques y lisos. La reconstrucción debe hacerse sólo si los espacios faltantes son pequeños y si no hay duda de su contenido. Aquí las lagunas se restauran con una mezcla de cal apagada y arena semejante a la composición del sustrato de la pintura. En los cuadros se emplea estuco (mezcla de cal con agua de cola) en zonas templadas; en zonas tropicales se hace con goma laca. El estuco tiende a dilatarse y contraerse como respuesta a un clima fluctuante y a endurecerse tanto que es imposible quitarlo sin producir daños.

6.- TRANSFERENCIA DE PINTURAS MURALES. Para transferir una pintura mural se requiere reunir toda la documentación del conjunto monumental y trazar un plan completo y detallado que incluya tanto la transferencia como la reconstrucción del conjunto.

Es necesario estudiar con especial cuidado el sistema de cortes indispensables para la operación, debe ser lo más sencillo posible y causar el mínimo deterioro a la pintura. El ensayo con los materiales es otro requisito preliminar, pues deberá comprobarse si la pintura es resistente al agua o al disolvente particular que se vaya a emplear en la eliminación del tejido de revestimiento. Todos los métodos requieren del empleo de un tejido de revestimiento que proteja a la pintura durante el traslado.

Hay tres métodos de transferencia de pinturas murales:

A)STRAPPO.-Es la separación de la superficie pintada que hay que desprender.El Strappo permite la separación de grandes superficies en una sola pieza y es el más conveniente para resolver problemas delicados como superficies curvas,bóvedas y cúpulas.Es el único método que permite revelar los trazos originales del sustrato.Presenta la desventaja de que cuando se deposita la pintura sobre un soporte horizontal tiende a presentar una superficie anormalmente plana y uniforme.

B)STACCO.- Es la separación de la capa de yeso fino (Intonaco) y la de yeso basto.Sólo debe hacerse cuando se compruebe que ambas capas están firmemente adheridas.Presenta la ventaja de respetar todas las irregularidades de la superficie que tienen tanta importancia para el carácter de la decoración mural.El método no puede aplicarse a una superficie tan grande como la que se maneja con la técnica del Strappo,lo que significa que es una técnica muy lenta ,costosa.La mayor superficie que se ha desprendido en una sola pieza,por este método,es una pared entera de la sala decorada de la Villa Livia de Primporta,de 2.6 x 6 m,que se encuentra actualmente en el Museo Nacional Romano,en Roma.

C)STACCO A MASSELLO.-Es la separación del yeso y de una parte del muro.Sólo se emplea ocasionalmente y en casos especiales,por ejemplo en ambientes muy húmedos o cuando el sustrato es particularmente duro y resistente o existen irregularidades en las que el relieve deba preservarse a toda costa y,por supuesto,cuando la pintura se halle pintada directamente sobre la roca.

#### CONSERVACION Y RESTAURACION DE CUADROS.

El deterioro y decaimiento de las pinturas se debe tanto a las condiciones del ambiente y a los procesos internos de naturaleza fisicoquímica de los diversos materiales como a la falta de cuidado del depositario.

Una de las causas fundamentales que generalmente se ignora es que los cuadros sufren un proceso de aclimatación que influye profundamente en su estructura física.Cuadros que han colgados durante siglos en una misma pared sin presentar muestras de deterioro apenas son cambiados de ubicación empiezan a manifestar anomalías y peligrosas alteraciones,este fenómeno es mucho más evidente en los paneles de madera que en cualquier otro soporte.

Los cuadros no deben estar nunca en contacto directo con las paredes.

Para ello se pueden colocar en el reverso y en la parte inferior de los marcos unos corchos o tapones de caucho para la necesaria ventilación y para la reducción de las perniciosas vibraciones. Además es conveniente que la superficie de la pintura quede levemente inclinada para que el polvo se deposite sobre ella en menor cantidad. Al elegir la pared de exposición, en ningún caso deberá permitirse que los rayos solares iluminen directamente a las obras, pues su efecto siempre es dañino. Un control especial deberá mantenerse al respecto de las corrientes de aire. Se debe evitar que los cuadros (especialmente los pintados en madera) queden expuestos a súbitas corrientes de aire que determinen agrietamientos, tanto en la capa pictórica como en los soportes de la misma. Los cambios de temperatura y humedad, especialmente si son bruscos, deben evitarse no solamente por los efectos dañinos que tienen sobre la pintura sino también porque favorecen el desarrollo del moho.

Las principales enfermedades que presentan los cuadros así como los medios de restauración se comentan a continuación:

#### 1.-AZULADO DE LOS BARNICES (FLUORESCENCIA).

Es un fenómeno cuyas causas no han sido bien aclaradas pero que deben achacarse a la adición de humedad durante o después del barnizado. La superficie adquiere reflejos opalescentes, azulados o blanquecinos que tienen un efecto desagradable en las zonas lisas y oscuras. La enfermedad puede acentuarse hasta desfigurar completamente la pintura.

Diversos procedimientos de restauración pueden ensayarse sobre los barnices azulosos pero no hay seguridad sobre un resultado permanente dada la complejidad de las reacciones fisicoquímicas (autooxidación, polimerización, evaporación de sustancias volátiles) que acompañan la vida de un barniz. Si la fluorescencia vuelve después del tratamiento es preferible cambiar el tegumento viejo por uno nuevo.

#### 2.-BARNIZ AGRIETADO.

La superficie del barniz ha perdido continuidad por la presencia de grietas que pueden desarrollarse tanto independientemente como seguir el diseño de las grietas de la pintura. Ello se debe a que por su peculiar composición el barniz no tiene la elasticidad necesaria que le permita acompañar los movimientos de las capas subyacentes. La remoción se hace necesaria si la enfermedad está muy avanzada.

#### 3.-ALTERACION CROMATICA DEL BARNIZ.

Todos los barnices al cabo de un cierto tiempo se vuelven amarillentos y hasta pardos según su composición. La luz parece ser el principal causante de este proceso natural de alteración que es irreversible.

Si el color del barniz desfigura los efectos ópticos originales, como acontece con los cuadros impresionistas, la remoción se hace necesaria. Los cuadros antiguos admiten, en general, un leve amarilleo que no debe ser confundido con los barnices teñidos intencionalmente y agregados posteriormente con los cuales se pretende dar a la pintura un aspecto de falsa vetustez o disimular retoques desentonados. Se deberá tomar en cuenta la presencia de barnices teñidos y colocados por el artista para conseguir efectos ópticos y cromáticos especiales. En tal caso se deberá considerar al barniz como parte integrante de la pintura y su remoción no será oportuna.

En el caso de que el barniz presente manchas opacas se recomienda una nueva aplicación, en capa suficientemente gruesa para lograr la uniformidad requerida.

#### 4.-AGRIETAMIENTO DE LA PINTURA.

Las grietas que aparecen en la superficie del cuadro y que pueden tener distinta profundidad se originan, a veces, durante la ejecución o el secado de los colores (grietas permanentes) y a veces en la película endurecida (grietas de antigüedad).

Por principio las grietas no se restauran; solamente en aquellos casos en que las fisuras son tan abiertas que dejan entrever el fondo perturbando así la armonía general del cuadro. Pueden ser pintadas con un color adecuado, solamente la cavidad y sin invadir el color. En muy contadas ocasiones el proceso de regeneración puede devolver la continuidad a la película de pintura.

#### 5.-RESECADO DE LA PINTURA.

Es producido generalmente por una excesiva deshidratación que no sólo debilita al soporte sino que vuelve la película de recubrimientos más quebradiza. La cercanía de una fuente de calor acelera el proceso que puede terminar en un pronunciado agrietamiento y con la caída de la pintura. Este fenómeno deberá ser estudiado con la necesaria amplitud para intervenir en la zona debilitada. Debe evitarse la indiscriminada aplicación de aceites, bálsamos y barnices que, además de producir resultados momentáneos e ilusorios, pueden causar ulteriores deterioros.

#### 6.-MANCHAS.

Prescindiendo de suciedades ocasionales las manchas que aparecen en las pinturas pueden tener su origen en la existencia de parásitos (mohos, excrementos y secreciones de insectos) o en la filtración de algún material tintóreo del soporte.

No se conoce ningún medio adecuado para eliminar las filtraciones de resina. Tampoco se pueden eliminar las alteraciones cromáticas producidas

por el moho, a menos que éste sea superficial. Los excrementos de insectos y arácnidos pueden quitarse en seco o en disolución, pero cuando han horadado la pintura queda un rastro indeleble. Un discreto retoque puede efectuarse cuando el deterioro afecta el efecto del conjunto.

#### 7.-ABRASION.

Es el desgaste de la superficie de la pintura debido a la frotación o maltrato, imprudentes operaciones de limpieza y motivos afines. Los colores subyacentes y el fondo y soporte se vuelven parcialmente visibles por el empobrecimiento de las capas superficiales. En los casos extremos de destrucción de la armonía del conjunto se recurre a un retoque discreto.

#### 8.-PULVERIZACION DE FONDO.

En el aparejo del fondo pueden producirse fracturas y pulverizaciones debido a la disminución de flexibilidad, al progresivo endurecimiento y fragilidad, o a la alteración del medio ligante que ocasionan inevitablemente el deterioro de la pintura. Si la enfermedad está desarrollada se debe incluso pensar en la sustitución de los soportes.

#### 9.-PODREDUMBRE DE TELA.

Se manifiesta con un debilitamiento general de los hilos que pueden romperse incluso ante el menor esfuerzo. El tejido mismo pierde toda su plasticidad y la normalidad de la superficie queda confiada a las películas de recubrimiento.

Si otras enfermedades no afectan los recubrimientos, el reentablado es generalmente un óptimo remedio contra la podredumbre. En casos especiales podrá recurrirse al transporte radical de la pintura sobre un nuevo lienzo, eliminándose el viejo y deteriorado.

#### 10.-OXIDACION DE LA TELA.

La celulosa de las fibras vegetales que componen el lienzo es un producto químico estable e inerte, pero su vida no es eterna. La oxidación la vuelve frágil y quebradiza; el proceso es acelerado por los aceites secantes empleados en la pintura al óleo, como puede observarse en las telas preparadas con fondos de aceite.

Como en el caso precedente, el reentablado subsana generalmente este tipo de deterioro siempre que otro tipo de enfermedad no obligue al transporte.

#### 11.-ALTERACION DE LOS METALES.

La enorme variedad de reacciones químicas que se presentan entre los metales componentes de los pigmentos y los contaminantes atmosféricos -en especial el  $SO_2$ , del cual se habló en el tema dedicado a la conservación de las obras de arte- ocasionan perjuicios en las pinturas. Se requiere de un

minucioso análisis cualitativo y cuantitativo de las sustancias reaccionantes para poder evaluar los daños y su reparación.

#### 12.-DETERIOROS ACCIDENTALES.

Los deterioros ocasionados por causas imprevistas y accidentales (golpes, caídas, manchas) deben ser analizados y tratados de acuerdo con las circunstancias, siendo imposible sugerir reglas generales de comportamiento para fenómenos de tan distinta e imprevista naturaleza.

### CONSERVACION Y RESTAURACION DE LOS METALES.

Los artefactos metálicos más antiguos están hechos por lo general de oro, plata, cobre, plomo, estaño, fierro y cinc; puros o en aleaciones -bronce, peltre y acero, por ejemplo- y con las mezclas de ellos. Solamente el oro resiste las condiciones ambientales y permanece prácticamente inalterado a través del tiempo. A continuación se hablará un poco del deterioro que sufren los demás metales ante el intemperismo.

#### 1.-PLATA (Ag).

La corrosión de la plata generalmente resulta de la formación de argentita ( $Ag_2S$ ) o de cerargita ( $AgCl$ ); el sulfuro la empaña pero puede ser eliminado por pulimiento y la patina de  $AgCl$  puede eliminarse por reducción electrolítica. Uno de los problemas es el que después de cientos de años llega a ser quebradiza. El examen bajo el microscopio demuestra que la plata muy antigua tiene un aspecto granuloso que produce el empañamiento de los objetos.

#### 2.-PLOMO (Pb).

La corrosión del plomo resulta de la transformación del metal en cerusita blanco ( $PbCO_3$ ) o en carbonato básico de plomo [ $(Pb(OH)_2)_2 \cdot PbCO_3$ ]. Una vez formados estos productos de corrosión pueden en ocasiones actuar como protección para futuras corrosiones.

Un procedimiento descubierto por R.M. Morgan del Instituto Smithsonian se emplea frecuentemente para restaurar la superficie. En el procedimiento se aplica al objeto un soporte de plástico esponjoso y se reduce electrolíticamente en ácido sulfúrico al 5% con una densidad de corriente de  $100 \text{ mh/dm}^2$ . En tales condiciones el producto de corrosión se convierte lentamente en una masa coherente de plomo con lo que todos los relieves superficiales originales quedan conservados.

#### 3.-ESTAÑO (Sn).

El estaño puede ser reducido de su mineral caserita ( $SnO_2$ ), por calentamiento con carbón vegetal o mineral, hasta su estado metálico. Una for-

ma de corrosión del bronce -aleación de cobre y estaño que se utiliza desde el año 3,500 A.C.- ocurre frecuentemente por mineralización del estaño. Se puede restaurar mediante una reducción electrolítica.

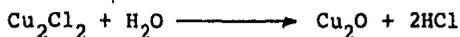
#### 4.-FIERRO (Fe).

La oxidación del fierro es un proceso complejo, algunas de las muchas formas de herrumbe son la hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), goetita ( $\text{FeO.OH}$ ), limonita ( $2\text{Fe}_2\text{O}_3.3\text{H}_2\text{O}$ ) y magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). El fierro generalmente no puede ser preservado, pero en un clima seco con aire no ácido puede permanecer libre de herrumbe por cientos de años.

#### 5.-COBRE (Cu).

La mineralización incrustada en cualquier metal se conoce como pátina y en el caso del cobre consiste en la cuprita roja ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ); malaquita verde ( $\text{Cu(OH)}_2.\text{CuCO}_3$ ); brocantita ( $3\text{Cu(OH)}_2.\text{CuSO}_4$ ) y azurita azul ( $\text{Cu(OH)}_2.2\text{CuCO}_3$ ) y una variedad de cloruros de cobre básico .

La llamada enfermedad del bronce de los objetos antiguos ha presentado en los museos grandes problemas ya que sólo conociendo las causas de este tipo de corrosión se puede establecer un tratamiento adecuado. El agente activo es el cloruro cuproso que existe debajo de las capas de cuprita y malaquita que son los compuestos que se encuentran presentes en los objetos de bronce que han sufrido corrosión durante su permanencia en el suelo. En el museo se reproduce el ambiente que contiene la humedad que penetra por las zonas porosas de las capas superiores de corrosión reaccionando con el cloruro cuproso para formar un cloruro cúprico básico que apareciera en la superficie del objeto en forma de manchas de polvo verde claro.



El tratamiento debe consistir por lo tanto en la eliminación del cloruro cuproso, esto puede conseguirse de distintas maneras. La malaquita y la cuprita pueden eliminarse por medio de agentes químicos y la capa de cloruro cuproso mediante una reducción electrolítica en una disolución alcalina seguida de intensos lavados para eliminar toda traza de cloruros en metal poroso. Si se desea conservar la pátina debe usarse sesquicarbonato sódico y sumergir el objeto de bronce en una disolución diluida de dicha sal; la pátina no se altera aunque la disolución penetre en las capas superiores y neutraliza el HCl producido por la hidrólisis gradual del cloruro cuproso. Este es un proceso lento que requiere de lavados sucesivos.

Finalmente puede haber casos, como los bronces con incrustaciones de

esmalte, en el que el objeto no deba sumergirse en una disolución acuosa. Entonces se aplica una técnica dental especial creada por Organ según la cual los puntos de corrosión se raspan con una aguja fina hasta descubrir la capa de cloruro cuproso. A continuación se frota el punto con óxido de plata puro humedecido en el alcohol, el cual reacciona con el cloruro cuproso para formar cloruro de plata que sella eficazmente los puntos de corrosión.

Los óxidos de azufre también juegan un papel importante en el cobre y en el bronce dañado pues la formación de  $\text{Cu}_2\text{O}$  es catalizada por el  $\text{H}_2\text{SO}_3$ . El  $\text{H}_2\text{SO}_3$  reacciona con el cobre para dar brocantita.

#### CONSERVACION Y RESTAURACION DE LA PIEDRA.

Para reforzar las piedras frágiles puede adoptarse un método de impregnación con agentes consolidantes tales como mezclas fundidas de ceras o disoluciones de resinas o de silicatos etílicos. Se sumerge el objeto en la cera o se le aplica la resina con una brocha y al terminar la operación se le coloca en una cámara de disolvente, para que la atmósfera esté saturada y reduzca la tendencia natural de la resina de emigrar a la superficie.

Los objetos fragmentados pueden reagruparse empleando varios cementos a base de acetato de polivinilo o de resinas acrílicas. Por encima de un cierto peso es mejor emplear cementos a base de poliésteres o de epoxi-resinas, que son más resistentes.

Las grietas o cavidades que debilitan al objeto pueden rellenarse con una mezcla de estuco y deben estar exentas de polvo antes del relleno.

Otro método empleado es el propuesto por S.Z. Lewin, de la Universidad de Nueva York. La mayoría de las piedras empleadas en la construcción están constituidas por  $\text{CaCO}_3$  y al ser recubiertas por una disolución de sales de bario soluble intercambian los iones  $\text{Ba}^{2+}$  por los iones  $\text{Ca}^{2+}$  formando así carbonato de bario,  $\text{BaCO}_3$ , que reacciona con el  $\text{H}_2\text{SO}_4$  de la atmósfera formando una película de sulfato de bario protectora de la superficie, pues es insoluble en agua y no es afectada por los contaminantes del aire o por la luz solar. El  $\text{CaCO}_3$  sin tratar también reacciona con el  $\text{H}_2\text{SO}_4$  para formar yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Sin embargo la superficie de yeso es más soluble en agua que el  $\text{CaCO}_3$  por lo que los objetos siguen deteriorándose.

## CONSERVACION Y RESTAURACION DE TEJIDOS.

El deterioro de las fibras textiles viene indicada por la pérdida de resistencia a la tracción y flexión causada por la luz, el oxígeno, la humedad, la contaminación atmosférica, los insectos y los microorganismos. Por lo tanto las medidas de conservación y restauración incluyen:

1.-LIMPIEZA. Eliminación de la suciedad y manchas mediante un cepillado, sacudido o por succión con una aspiradora. Se puede colocar una muselina sobre el aspirador para que sea suave la operación.

El lavado con agua o con una disolución de amoníaco en agua es recomendable. Para la lana se usan detergentes no iónicos y el lavado se hace a bajas temperaturas y en una concentración del 1%. Para manchas se utiliza una disolución de 40 ml de ácido oléico y 130 ml de agua a 50°C con una disolución de 7 ml de  $\text{NH}_3$  y 23 ml de agua fría. Se mezclan y se agitan antes de la aplicación.

2.-ESTERILIZACION Y DESINFECCION. Para eliminar las causas biológicas de deterioro y desintegración se utiliza sulfuro de carbono y óxido de etileno mezclado con  $\text{CO}_2$  y bromuro de metilo.

3.-PROTECCION. Contra los factores ambientales, como la luz visible y ultravioleta e impurezas de la atmósfera, la protección se lleva a cabo mediante barnices u hojas plásticas, pues de lo contrario los ácidos que actúan sobre ellas deterioran no sólo las fibras textiles sino también la piel, la madera y el papel. El cuero puede ser protegido de los óxidos de azufre por un tratamiento con citrato. La eliminación de la acidez del papel antiguo se hace con alcóxido de magnesio disuelto en alcohol metílico y con vaporización con carbonato de ciclohexilamina (CHC). Las hojas de papel se impregnan con CHC y se colocan entre las páginas de los libros por varios días y después se elimina. Presenta la ventaja de ser fungicida y debido a su toxicidad debe ser usado con sumo cuidado.

CAPITULO V: PARTICULARIDADES DE LAS RAMAS  
ESCOGIDAS.

A) PINTURA.

LAS TECNICAS DE LA PINTURA DE CABALLETE.

Las pinturas de caballete son obras ejecutadas sobre soportes móviles, como tablas y lienzos, que se colocan durante la ejecución del cuadro sobre un caballete. El conocimiento que se tiene sobre las técnicas utilizadas en su preparación proviene de fuentes documentales y de exámenes científicos, pero es incompleta en cuanto que el número de cuadros y de documentos que subsisten es sólo una pequeña parte de los que existieron originalmente. Además ciertos datos sobre los métodos se consideraban comunes y pasaban del maestro al aprendiz sin que se consideraran dignos de ser registrados por escrito.

El examen de un buen número de cuadros italianos de los siglos XIII, XIV y principios del XV ha mostrado que existía una gran uniformidad en cuanto a la técnica de fabricación y que ésta era muy parecida a los métodos descritos por Cennino Cennini en el libro dell'Arte, escrito a finales del siglo XV.

El soporte utilizado era la tabla, por lo general de álamo. Si se necesitaba una tabla de grandes dimensiones se unían dos o más planchas mediante una cola de caseína preparada con cal apagada y queso. La tabla se recubría con dos o tres aplicaciones de cola de pergamino de cordero y con frecuencia se pegaba sobre ella un trozo de lienzo con más cola. Sobre la tabla se extendían capas preliminares de gesso grosso que se dejaban secar y se raspaban hasta dejarlas lisas. A continuación se aplicaban varias capas de gesso sottile, que también se raspaban después de dejarlas secar hasta que la superficie quedaba completamente plana y suave.

Los diseños de bajorrelieve (pastiglia) se realizaban sobre el fondo utilizando yeso líquido, que se aplicaba con un pincel pequeño. El boceto de la pintura se dibujaba primero con carboncillo y luego se reforzaba con pincel y tinta. Se marcaban también en el yeso líneas destinadas a delimitar los bordes de las zonas que había que dorar; estas zonas se pintaban con bolo arménico ligado con clara de huevo; el color rojo de esta arcilla da al oro un tono más cálido. Cuando el bolo estaba seco se le frotaba con un bruñidor de paño o de piedra. El bolo se humedecía con agua y se aplicaba encima el pan de oro; después de dejarlo secar se bruñía el oro.

Este se decoraba con diseños y se estampaba utilizando punzones; se barnizaba con pigmentos transparentes como la sangre de drago o se le aplicaban pinturas opacas que se raspaban según un diseño que dejaba visible el oro. El dorado con mordiente, en el que oro se aplica a una sustancia viscosa que lo adhiere a la pintura, se usó para los diseños de oro de trazo delicado. Cennini describe un mordiente preparado hirviendo aceite de linaza con albayalde, cardenillo y una pequeña cantidad de barniz. El oro de concha denominado así porque se guardaba en concha de mejillón, se preparaba ligando oro en polvo con clara de huevo o goma arábiga.

El temple a la goma se utilizó por la calidad de su medio adhesivo pero la rapidez con que secan las pinturas preparadas con él hace necesario que se aplique a pinceladas cortas para dar sombreados. La paleta constaba de una reducida gama de pigmentos: albayalde, negro de humo, tierras ultramarino, azurita, malaquita, terre verte, cardenillo, amarillo de plomo, minio, bermellón y lacas rojas.

Cennini describe cierto número de tonos, que van desde el claro hasta el oscuro, para pintar los pliegues de las vestimentas. En la mayoría de las obras italianas primitivas, la carne se pintaba con un fonde verde, que podía ser tanto terre verte como verdaccio, que se obtenía mezclando tierras blancas, negras, amarillas, ocre y rojas. Algo de verde se deja traslucir a través de las carnes, sobre todo en las sombras. Cennini menciona barnices pero no está claro hasta que punto estaba extendida su utilización.

La mayor innovación realizada por los pintores flamencos del siglo XV fue la utilización de aceites secantes como medio adhesivo de la pintura.

La idea de que Jan van Eyck (1390-1441) fue el inventor de la pintura al óleo procede de Vasari (1511-1574), pero lo más verosímil es que aquel pintor perfeccionara un procedimiento tradicional. Desgraciadamente no se dispone de fuentes documentales comparables a Cennini y el conocimiento que se tiene de los primitivos holandeses proviene del examen de sus obras y de escritos fuera de los Países Bajos, del norte de Europa.

Heraclio y Teófilo afirman que en los siglos XI y XII se mezclaron aceites con pigmentos para pintar superficies grandes en muros y columnas. No se sabe que existiera proceso alguno de purificación del aceite y es probable que la pintura tardara largo tiempo en secar.

El Manuscrito de Estrasburgo, del siglo XV, describe cómo se deben hervir los aceites con piedra pómez y huesos calcinados, añadiéndoles caparrosa blanca (sulfato de cinc) y dejando secar después el aceite al sol durante cuatro días. La piedra pómez y las cenizas de hueso precipitan las

impurezas. La caparrosa blanca contiene algo de manganeso como impureza que actúa como agente secante. El sol decolora el aceite e inicia el secado. Es muy probable que tanto Jan van Eyck como muchos de los pintores holandeses del siglo XV dispusieran de aceites con buenas propiedades secantes. También es muy probable que diluyentes tales como la trementina, líquido volátil destilado de la resina análoga, se conociesen ya en esa época.

La pintura flamenca se ejecutaba sobre tablas, por lo general de roble, madera abundante en el norte de Europa. Las tablas se preparaban con fondo de creta (carbonato de calcio) ligada con cola animal (gelatina). Existen numerosas pruebas analíticas de que se aplicaba una capa impermeable de aceite o cola junto con el fondo para evitar que absorbiese el aceite de las pinturas. Los cuadros se preparaban con esbozos muy trabajados sobre el yeso, lo que ha podido verse gracias a los rayos infrarrojos y a los cuadros sin acabar.

La gama de pigmentos era similar a la utilizada en Italia. En los pintores flamencos casi no se encuentra oro; se simulaba usando purpurina dorada. La técnica pictórica dependía de los efectos ópticos creados mediante la elaboración de una minuciosa estructura laminar de pinturas y barnices sobre fondo blanco.

A lo largo del siglo XV se produjo una transición gradual de la pintura de temple de huevo al óleo y de la tabla al lienzo. Existió una época en la que el temple y el óleo coexistieron; esto puede aplicarse incluso a cuadros individuales en los que el temple de huevo se utilizó para dar las primeras capas mientras que las capas finales fueron realizadas al óleo o con una emulsión de aceite y huevo. Los pintores europeos Alberto Durero (1471-1528), Hans Holbein el Joven (1498-1543), Piero della Francesca (1410-1492) y Miguel Ángel (1475-1564) parece que adoptaron este enfoque.

En este período los medios adhesivos se utilizaron de tal modo -por lo regular en capas finas, planas y bastante transparentes- que a menudo es imposible distinguirlos visualmente unos de los otros; la identificación precisa del huevo o del aceite sólo puede hacerse mediante análisis químicos de muestras de pinturas.

Tal como se ve en las pinturas inacabadas de Piero della Francesca y de Miguel Ángel, los artistas de esta época seguían empleando tablas preparadas con fondos de yeso blanco. Hacían muchos dibujos previos sobre papel y sobre los fondos, en tanto que la existencia de grandes talleres condujo al uso creciente de cartones agujereados que permitían al artista producir copias o ligeras variantes de las composiciones.

Es probable que Antonello de Messina (1430-1479) supiera la influen-

cia decisiva de la implantación del aceite como medio asociado a los hermanos van Eyck (por más que no exista prueba alguna de que el italiano visitara jamás Flandes). El período de cambio, operado en Venecia de 1475 a 1476, influyó en la obra de Giovanni Bellini (1430-1516). Esta etapa se distingue por las tonalidades pálidas y por la utilización de finos barnices que permiten que el fondo blanco se vislumbre a través de las capas de pintura, reservando el empleo del albayalde para toques de luz.

La pintura sobre tabla mantuvo su popularidad en Florencia a lo largo del siglo XVI, mientras que en Venecia se hizo más frecuente el lienzo a causa de las proporciones crecientes de las obras. La primera obra importante de Tiziano, la Asunción de la Virgen (1516-1518), retablo de Santa María Gloriosa dei Frari, consiste en una gigantesca tabla formada por el ensamblamiento de varias piezas. La Madonna con Santos y miembros de la Familia Pesaro (también en Santa María dei Frari, Venecia), terminada en 1528, es probablemente la primera gran pintura sobre tela de grandes dimensiones.

A lo largo de toda su dilatada carrera Tiziano (1488-1576) ejerció una gran influencia y se puede considerar como el primer gran colorista veneciano. Rara vez preparaba dibujos previos de sus obras, que prefería plasmar directamente sobre el fondo, haciendo alteraciones con libertad y repintando cuando la obra así lo requiera. Sus obras más tempranas se caracterizan por el empleo de zonas planas bien definidas, cuyos colores contrastaban rotundamente. Tal es el caso de Baco y Adriana, cuadro que se encuentra actualmente en la Galería Nacional de Londres. La pintura responde a un importante y costoso encargo hecho por el duque Alfonso de Este I y, por consiguiente, Tiziano utilizó la gama completa de pigmentos disponibles incluyendo el oropimente y el rejalgá, que raramente se encuentra en la pintura veneciana, además del carísimo ultramarino importado de Afganistán.

En esta época no solían mezclarse los pigmentos en una sola capa de pintura, sino que se empleaban puros. Se aplicaban, una tras otra, finas capas y solían acabarse con barnices para producir brillantes efectos coloridos. En su obra tardía, la técnica de Tiziano se volvió más libre y las pinceladas y la textura del lienzo empezaron a desempeñar un papel más importante. Sin embargo los artistas venecianos siguieron empleando durante algún tiempo fondos de yeso que reflejaban la luz; este fue el método de Pablo Veronés (1528-1588), que pintó con gran libertad sobre la base de diseños previos, a menudo con un fino baño inicial de color. Muchas de sus obras, de grandes dimensiones, hubo de ejecutarlas sobre varias piezas de tela unidas luego unas a otras.

Tintoretto (1518-1594), que probablemente estuvo vinculado al negocio

de la tintorería, usó una enorme gama de pigmentos entre los que se encuentran algunos propios del teñido, como el indigo. Sus pinturas más tempranas las realizó sobre fondos de yeso, pero al final utilizaba una capa de imprimación de color castaño o negro compuesta de carbón y aceite, o de raspaduras de paleta, con el dibujo en albayalde. En algunas ocasiones dejaba visible el fondo, sombras o semitonos, o lo barnizaba directamente. Si bien existen en todos los casos diseños previos, casi nunca representan la totalidad de la composición y al parecer el artista trabajaba directamente sobre la tela, modificando el dibujo al pintar.

La práctica seguida a fines del siglo XVI, de aplicar fondos coloridos requería una nueva técnica de pintar luz sobre sombra, en lugar de sombra sobre luz. Esto no sólo se hacía más rápido sino que proporcionó una mayor variedad de tonos, de la opacidad y la transparencia que se obtenían superponiendo barnices y veladuras en una compleja estructura estratificada. Cuando se permitió que la estructura de la tela contribuyera al efecto de acabado se obtuvo una pintura que contrastaba fuertemente con la superficie pintada, más plana y decorativa, de las primitivas tablas y con el acabado semejante al esmalte de la pintura al óleo flamenca.

A lo largo del siglo XVII se popularizó el uso del aceite como medio adhesivo sobre un fondo oleoso. Rubens (1577-1640) desarrolló esta técnica hasta sus últimas consecuencias; este artista ejerció una enorme influencia debido a sus numerosos viajes y al gran número de discípulos que tenía. Rubens solía utilizar tablas compuestas de varias piezas, con fondos blancos cubiertos por ligeros baños de gris estriado. Ejecutaba el diseño en tonos dorados cálidos y el color local lo aplicaba en veladuras semiopacas, permitiendo que la capa de color subyacente fuese parcialmente visible. Las sombras cobraban ligereza con barnices transparentes y las luces se aplicaban en un empaste ligeramente más grueso. En las zonas de pintura luminosa aplicada en finas capas, donde se transparenta el esbozo más oscuro, se producen tonos medios fríos con una calidad marcada.

Velázquez (1599-1660) y Rembrandt (1606-1669) recibieron la influencia de Rubens pero, al igual que todos los grandes pintores, crearon variaciones sobre la técnica fundamental.

Velázquez aplicaba, algunas veces una primera mano de rojo o de gris, pero en las zonas donde se requería de gran luminosidad se limitaba al blanco, como en la carne de La Venus del Espejo (1650). Las sucesivas capas de pintura se afirman más sobre las veladuras que sobre los barnices. Por lo general las tablas de Rembrandt tienen fondos de creta y pintura aplicados en manos muy finas, mientras que sus telas suelen tener una primera

mano de pintura parduzca o gris. Con frecuencia pintaba directamente con color opaco, utilizando gruesas capas de albayalde, recubiertas por cálidos barnices transparentes. Sus cuadros poseen una amplia gama tonal y consiguió pronunciados efectos de textura a base de pincel y empaste.

También se pensó que Frans Hals (1580-1666) pintaba directamente, mezclando colores de la paleta y aplicándolos en una sola capa, pero lo más probable es que trazase un diseño monocromo añadiéndole después sombras, color local e intensidad. Este método en el que el boceto subyacente es más o menos una versión monocroma y tonal de la obra acabada se popularizó durante el siglo XVIII.

A partir del siglo XVII existen pruebas de que los artistas recurrían más frecuentemente a fabricantes profesionales de pinturas y hacia el siglo XVIII se podían comprar lienzos imprimados y pinturas al óleo preparadas y envasadas en bolsitas de piel. En este período se produjo asimismo una expansión de la paleta del artista gracias a la invención de pigmentos sintéticos. A partir de 1704 se dispuso del azul de Prusia, que sustituyó a la azurita u al ultramarino que eran mucho más caros. El azul de cobalto apareció en 1802. A partir de la década de 1750 el amarillo de Nápoles sustituyó a la purpurina amarilla. El ultramarino sintético es de 1828 y durante el siglo XIX se comercializó una amplia gama de colores de cromo, a menudo envasados en tubos de estaño aplastables. Por esto el artista se preocupaba muy poco de preparar sus propios materiales, no se familiarizaba con sus características y con frecuencia ignoraba la sólida práctica del taller que en el pasado se lograba mediante el sistema de aprendizaje.

Se suele juzgar que los siglos XVIII y XIX fueron un período de decadencia en cuanto a las técnicas; muchos pintores se entregaron al método académico, algo mortecino, de esbozar sólo en gris y de abusar de los barnices. Otros, sobre todo Sir Joshua Reynolds (1723-1792), experimentaron con materiales inestables o incompatibles como las ceras, las resinas y el betún.

El siglo XIX contempló otro cambio radical en los métodos de trabajo. Entre los factores que contribuyeron a ello está el movimiento romántico que alentó al individualismo artístico. Surgió también un interés cada vez mayor en captar los huidizos efectos de la luz sobre un tema, especialmente en los paisajes, lo que puso de moda la pintura de exteriores. Para lograr la deseada instantaneidad y espontaneidad se abandonó el método tradicional de ir componiendo en varias capas, esto permitía al artista producir rápidamente sus efectos en una sola aplicación, sin necesidad de capas básicas o superficiales de pintura.

John Constable (1776-1837) fue conciente de que los colores mezclados en la paleta tienen tendencia a adoptar un aspecto turbio en contraste con las capas de color puro, transparentes o semiopacas, que se aplican unas sobre otras. Por ello este pintor daba toques de color puro y blanco, que aplicaba en algunas ocasiones con espátula, para interrumpir zonas de color sólido; la "mezcla de colores" la realiza el ojo humano que percibe como un todo una zona de color interrumpido, finamente dividido, pero observa en ella una vivacidad y luminosidad mayores que si se tratase de una sola aplicación uniforme de pintura. Esta técnica fue llevada al extremo de su propia lógica por Seurat (1859-1891) pues yuxtapuso pequeños puntos de colores puros, a veces complementarios, para producir un efecto de color predeterminado. La investigación científica llevada a cabo en los campos de la luz y el color tuvo una fuerte influencia en el Impresionismo francés.

Claude Monet (1840-1926) inventó la técnica característica del Impresionismo de representar el mundo en función de la luz y el color. Las sombras se perciben no meramente como tonos más oscuros de un color, sino como zonas de color positivo influido por los objetos circundantes y por la reflexión de la luz. La paleta se redujo a una selección de colores del espectro, excluidos el negro y el castaño, con el uso de un fondo blanco brillante para producir un máximo de luminosidad en los colores. El examen de sus obras indica que utilizó aceite de nuez en lugar de aceite de linaza, porque estimaba que amarilleaba menos y, por consiguiente, no apagaría los colores. La novedad de las técnicas del Impresionismo y su influencia sobre pintores como Cézanne, que en realidad no se consideraba parte del movimiento, allanó el camino para que el artista tuviera libertad para innovar la pintura.

En lo que va del presente siglo los artistas han empleado una enorme variedad de materiales para producir una diversidad casi infinita de superficies y efectos. Los medios adhesivos se han mezclado, aplicados en finas capas con espátulas; se han salpicado, extendido en finas capas con pinceles; se han mezclado con arena para producir texturas y se han pulverizado sobre el cuadro. Si bien muchos pintores siguen prefiriendo el tradicional medio oleoso, la introducción de medios sintéticos ha venido a sumarse a una de por sí amplia gama de materiales. Los acrílicos se comercializaron en los Estados Unidos a partir de la década de 1950 y en la actualidad desempeñan un papel esencial en la pintura. Los acrílicos están más cerca del temple y la aguada que del óleo. Son emulsiones de resinas en agua y secan con rapidez. Pueden rebajarse con agua o con un medio acrílico mate o brillante, o se las puede mezclar con pastas de textura especialmente fabricadas para los efectos del empaste.

## B) ESCULTURA.

La escultura abarca dos técnicas diametralmente opuestas. Una es el modelado que es un proceso aditivo mediante el cual el artista da forma a una imagen tomando como base materiales maleables o "plásticos", como la cera o la arcilla. La otra técnica es el tallado que es un proceso sustractivo en el que el escultor quita material de un tronco de madera, de un colmillo de marfil o de un bloque de piedra, con herramientas de metal o con abrasivos, para lograr dar al volumen original la forma deseada.

El modelado es la técnica más sencilla pues necesita de pocos útiles (los dedos y diversos instrumentos de madera, hueso o metal) y puede hacerse con materiales que existen en abundancia. Está próximo a la pintura porque al igual que ésta, consiste en la plasmación de una imagen en donde previamente no existía.

Durante el Renacimiento se le consideraba como una técnica inferior al tallado, que exige un esfuerzo mental y físico superior y requiere de un mayor dominio técnico.

En las civilizaciones primitivas la escultura en arcilla evolucionó simultáneamente a la alfarería: el material se secaba o se cocía en un horno. El modelado produce resultados más frágiles que el tallado pero la posibilidad de vaciar modelos en metal, para hacerlos duraderos se explotó desde tiempos muy remotos.

Al referirse a la historia de la escultura es necesario recordar la perdurabilidad de los diferentes materiales y tener en cuenta la inevitable destrucción de muchas esculturas de madera, por ejemplo a causa del fuego o de la humedad.

Si se dejan a un lado las imágenes de tamaño reducido para el culto, la escultura ha estado íntimamente relacionada desde el punto de vista histórico con la arquitectura: esculturas de madera en templos, carros y canoas; esculturas de piedra en los edificios pétreos, por ejemplo en el arte egipcio, en el griego, en el romano y en el arte europeo medieval y de épocas posteriores; el barro moldeado en las estructuras de ladrillo del arte asirio, etrusco o en el renacentista del norte de Italia.

La escultura arquitectónica, al igual que las estructuras que decoraba, solía decorarse empleando colores brillantes e incluso algunas veces se doraba parcialmente. Mientras los escultores tenían posiblemente una apreciación innata del material que trabajaban, de su textura y de su apariencia, quienes lo contrataban carecían de ella.

El mármol blanco, griego o italiano, es cegadoramente brillante a la

luz del Sol del Mediterráneo y la aplicación del color pudiera ser que sirviera para suprimir tal efecto; por el contrario la elaborada escultura narrativa y decorativa de una catedral medieval, se haría más explícita y descifrable mediante la diferenciación de colores y con la ayuda del dorado. No siempre es fácil advertir si se pulieron o se lacaron materiales como el cobre o el bronce para obtener la apariencia de oro o si se prefirieron con la pátina original, producida por oxidación o sulfatación.

En el caso de la madera, es probable que se tuviera muy en cuenta el efecto preservador de la pintura o del barnizado; rara vez se encuentra una escultura de madera que no haya recibido un tratamiento de este tipo.

La escultura del antiguo Egipto comprende desde las monumentales estructuras talladas en los bloques de piedra, tales como la Esfinge, hasta las pequeñas estuatillas de madera, barro o metal destinadas al culto, pasando por inmensos monolitos de granito que, con frecuencia, recibían forma por abrasión en lugar de por tallado, dada la dureza de la piedra.

En Grecia parece que las formas características de la escultura y la arquitectura de mármol de los siglos VI y V A.C. proceden de sus equivalentes en madera, más antiguas: las estatuas religiosas de mancebos y doncellas (*kouroi* y *korai*) tienen las extremidades apretadas, como eco de las limitaciones naturales de un tronco de árbol. El templo dórico se derivaba probablemente de un cobertizo sostenido por troncos de árbol, travesaños de madera y techo en pendiente, unidos por clavijas. En épocas posteriores, las esculturas pequeñas se hicieron de madera o de arcilla, pues el bronce y el mármol se consideraban materiales más nobles. Las obras son de terracota que se usaba para tejas, aleros y para figurillas que en su mayor parte se manufacturaban en Beocia y Tanagra.

Por lo que se refiere a la perdida y monumental estatua de culto de Atenea Parthenos, venerada en el famoso templo de la Acrópolis de Atenas, era una estatua de madera recubierta de materiales preciosos, oro y marfil (estatua criselefantina).

En los periodos subsecuentes, alejandrino y helenístico, de la civilización griega, siguió acentuándose la preferencia por la escultura en mármol o en piedra, que se hizo cada vez más realista y dramática como puede verse en los frisos del Gran Altar de Pérgamo.

Aunque el arte romano es en general tributario del arte griego en cuanto a la jerarquización de los materiales, amplió ciertos aspectos, especialmente el del retrato realista en la forma de estatua o de busto -vinculado a la veneración de los antepasados- y en los relieves narrativos de los sarcófagos y arcos triunfales y de la Columna de Trajano de Roma, que

tal vez constituye el ejemplo máximo de periodismo tridimensional en piedra

La civilización etrusca -que floreció más al norte, en Toscana, entre los siglos VIII y I A.C.- derivó sus preferencias por la escultura en terracota, tal vez debido a la abundancia de la arcilla apropiada y muchos de los vestigios de su cultura están realizados o pintados en este material, incluso las urnas funerarias, las figurillas y las estatuas de gran tamaño. El tallado de la piedra parece que no gozó de la misma predilección que en Grecia o en Roma, pero el bronce sí fue utilizado.

La escultura europea de la Alta Edad Media comenzó con la estereotipada repetición de las tradiciones romanas adaptadas a las prácticas cristianas; su estilo y sus técnicas caían a menudo por debajo de sus antiguos modelos, pero hay pequeñas tallas de marfil de gran belleza y objetos de metales preciosos o de bronce que son probablemente las esculturas más hermosas de este período.

En el período siguiente, que fue testigo de la expansión de la civilización monástica, surge la necesidad y la consecuente financiación de grandes edificios como iglesias y monasterios, lo que alentó el tallado de la piedra para decorar las estructuras y reforzar su mensaje espiritual por medio de imágenes concretas, tanto cristianas como mitológicas, cuyo significado todavía permanece oculto en muchos casos.

En las tumbas de los personajes reales, en la de los nobles y en las de los grandes prelados se presentaba normalmente la efigie del difunto.

Siguió utilizándose el marfil, sobre todo para retablos portátiles que a menudo recibían la forma, consagrada por la costumbre, de las tablillas de escritura clásicas, con dos (dípticos) o tres (trípticos) hojas articuladas. Los objetos seculares como los cuernos, empuñaduras de dagas, marcos de espejos y peines se tallaron también en este exótico y costoso material que se importaba del Oriente a través de las rutas comerciales.

Las artesanías de metal alcanzaron un elevado nivel de calidad en ciertas zonas donde abundaban materias primas, como por ejemplo el valle del río Mosa. En esta zona se hicieron pilas bautismales, crucifijos, efigies atriles y campanas de bronce y latón.

En la Baja Edad Media el arte del tallado de madera fue revitalizado en el norte de Europa y llevado a la cumbre de su perfección por los escultores de los Países Bajos (Adriaen van Wesel) y del sur de Alemania y de Austria, como Tilman Riemenschneider (c.1460-1531) o Michael Pacher (c.1435-1498). El roble y el tilo se tallaban de diferente manera, dependiendo de las propiedades físicas de la madera.

En la Italia del Renacimiento la escultura fue un arte sobresaliente.

Aún cuando normalmente seguía vinculada a la arquitectura aparecieron estatuas independientes (como las versiones de David hechas por Donatello y Verrocchio) y todos los medios concebibles fueron empleados. Algunos artistas como Ghiberti y más tarde Miguel Ángel prefirieron limitarse a un solo medio, ya fuera el bronce o el mármol.

La arcilla y el estuco sirvieron para el modelado de reproducciones de las obras maestras: se conservan, especialmente, gran número de relieves de la Virgen con el Niño. Estas obras solían pintarse y dorarse. La cera y la arcilla se usaron para modelos preliminares siendo los de este período los más antiguos que perduran, aunque se empleaban desde tiempos anteriores al siglo XV. Hubo un florecimiento del vaciado de bronce sobre modelos de cera entre los que destacan figuras de tamaño natural, estatuillas, placas y medallas que imitan diversos precedentes grecorromanos. También se utilizó el tallado de madera más de lo que suele creerse, especialmente para los grandes crucifijos. Los brazos extendidos de Cristo se tallaban por separado y se unían al torso mediante ensambladuras que, en algunos casos eran articuladas con miras a las celebraciones religiosas del Viernes Santo.

Miguel Ángel se concentró en el tallado del mármol y aunque fue un genio de este medio -además de serlo en la pintura y en la arquitectura- se mantuvo al margen de la tradición renacentista de la versatilidad. No le gustaba el esfuerzo cooperativo requerido para el vaciado del bronce y desdén el modelado, salvo para los bocetos preliminares. Hizo pocos relieves y retratos. Cellini, Bandinelli y Giovanni Bologna trabajaron tanto el vaciado de metales como el tallado del mármol.

Con el advenimiento del manierismo se hizo hincapié en el virtuosismo artístico y en el valor intrínseco o en las rarezas de los materiales y por ello aparecieron varias formas subsidiarias de la escultura: el tallado del marfil o su torneado en tornos excéntricos; el tallado del cristal de roca, del lapislázuli y de otras piedras preciosas y semipreciosas; el vaciado y el cincelado, así como el damasquinado, del acero y demás. Aún así durante los períodos barroco, neoclásico y romántico, el bronce y el mármol continuaron siendo los únicos materiales "respetables" que los grandes artistas aplicaron a la escultura, al menos dentro de la tradición italiana.

En Alemania y Austria -así como en la Península Ibérica y sus colonias- la madera tallada, pintada y dorada se mantuvo como un vehículo muy importante, sobre todo en la escultura religiosa.

Los tallistas alemanes realizaron excelentes trabajos en madera de boj (material homogéneo que puede cortarse en todas direcciones), que era ideal para esta clase de trabajos y que fue muy utilizada en el norte de

Europa.

Resulta interesante destacar lo poco que han cambiado a través de los siglos las técnicas de tallado y modelado, en comparación con otras técnicas de las bellas artes. Sólo durante el siglo XX se han producido cambios fundamentales con la introducción de materiales sintéticos, como la fibra de vidrio, así como de nuevos métodos de trabajo, como la soldadura.

## C) ARQUITECTURA.

### ELEMENTOS ARQUITECTONICOS.

El arte de construir edificios recibe el nombre de arquitectura; el origen es utilitario porque el hombre al construir viviendas se protegió de los animales y del clima que lo rodeaba. Este fin práctico en especial, al ser cuidado en la presentación de las formas dió lugar a la belleza arquitectónica.

En la arquitectura los dos elementos vitales son las masas articuladas y el ritmo; la importancia del ritmo lineal en los movimientos de los volúmenes arquitectónicos es tan importante que ha sido llamado "música congelada": se entiende por esto que el secreto de la belleza arquitectónica está en la proporción, en la armonía entre las partes y la totalidad de la estructura y en la medida; también en un edificio son importantes el juego de luces y sombras, la armonía de masas y fuerzas, la composición de huecos y relieves, etc.

En toda obra arquitectónica hay que considerar los elementos de que ésta se compone, siendo los esenciales el sostenido y el que sostiene. Los elementos sostenidos son arcos, bóvedas, cúpulas y techumbres en general y, los elementos que sostienen son los pilares y las columnas. Hay otros elementos como son los vanos, los cuerpos del edificio, los aparejos, las molduras y los elementos decorativos.

Los aspectos constructivos de un edificio desde un punto de vista general son: a) planta o plano de un edificio, que equivale al sitio donde está edificado; b) alzado o alzada, que es el contorno de la superficie exterior y vertical de una cara del edificio; c) paramento, que es la superficie exterior de un muro; d) imahfronte, recibe este nombre la fachada de los pies de una iglesia, aunque no sea la principal; e) entrepaños, es el espacio comprendido entre dos puertas, entre dos ventanas y también, por extensión, los tableros o cuadros colocados encima de un espejo de chimenea.

### SOPORTES.

El soporte es la columna, el pilar o machón que sostiene varias arca-das.

Las columnas dentro del arte clásico sostienen al entablamento, el cual está formado por el arquitrabe, el friso, la cornisa y el frontón.

La columna generalmente se divide en tres partes: el capitel, el fuste

y la basa. (Ver figura 5). La parte superior del fuste se llama sumoscapo y la inferior imoscapo. La base de la columna descansa sobre el plirto y éste a su vez sobre el pedestal. El pedestal está compuesto de la cornisa, del dado y del zócalo. Si es corrido y está soportando varias columnas se llama basamento.

En el curso de la historia del arte han existido muchos tipos de basas; entre ellas una de las más importantes es la basa ática, que está formada por dos toros que delimitan una escocia; la basa compuesta está formada por dos toros, un astrágalo y dos escocias; la basa continuada, que es el perfil de la moldura que forma el basamento y que se extiende por todo lo largo del edificio siguiendo la saliente de las columnas o pilastras que decoran la fachada; la basa corintia que está integrada por dos toros, dos astrágalos y dos escocias.

Los fustes pueden tener formas muy variadas. A veces son lisos o pueden estar decorados con estrías. De hecho el tipo de fuste es el factor que define las variedades que toma el barroco, que es el estilo arquitectónico más importante de México durante la época colonial, debido a lo cual será un tema que se analizará más ampliamente en el siguiente capítulo.

La pilastra es un soporte cuadrado constituido por una basa y un capitel. El pilar es un soporte vertical que puede tener adornos y que, por lo general, puede tener dos variantes: son cuadrados o tienen columnas adosadas. También pueden ser redondos o cruciformes.

Hay otros elementos arquitectónicos que son llamados de fuerza, entre los que cabe destacar el contrafuerte, que es un macizo de albañilería que sirve de punto de apoyo y está destinado a aumentar la resistencia de los muros verticales. (Ver figura 6). Los contrafuertes primitivos se componían de una masa cuadrada cuya superficie estaba inclinada, para que vertiera las aguas pluviales. El estribo o botarel es otro macizo que sirve para contrarrestar el empuje de la bóveda. Está separado del muro y sobre él recae el arbotante, que es un puentecillo en forma de arco.

El pináculo es el remate del estribo o botarel y, aunque tomado como elemento decorativo, es también un elemento de fuerza. Los pináculos tienen forma de pirámide de base poligonal y fueron muy usados durante el medioevo.

Las tornapuntas suelen ser piezas de fierro o de madera que, colocadas oblicuamente, sirven para ligar dos maderos ensamblados y para sostener un balcón, una ventana, un cobertizo o una marquesina.

Figura 5-

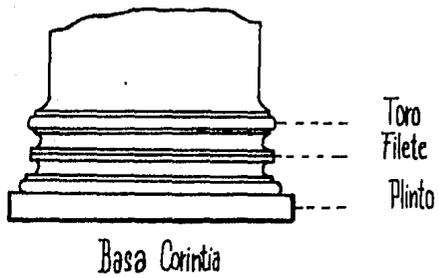
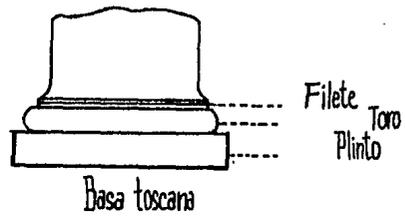
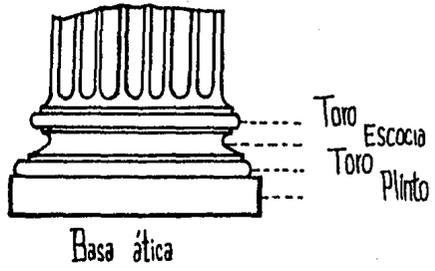
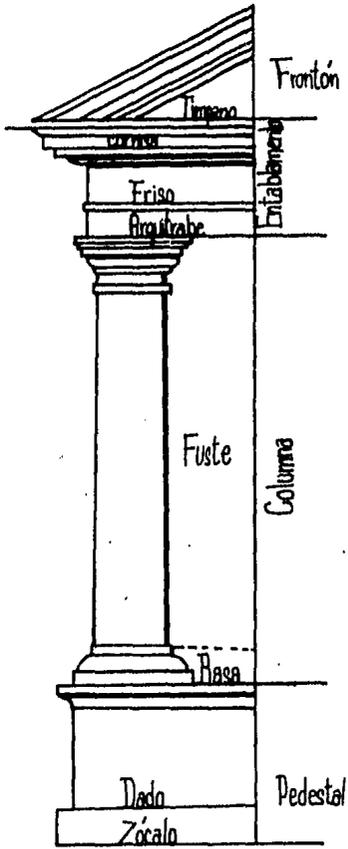
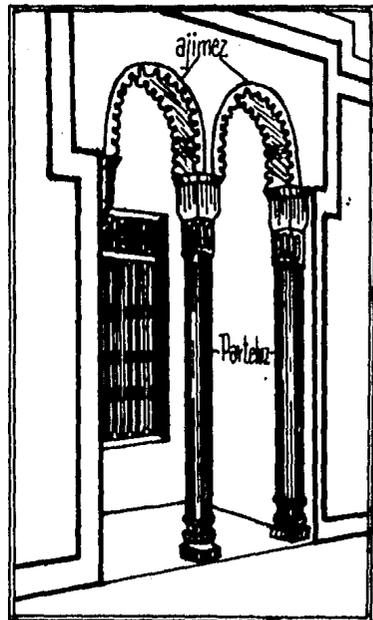
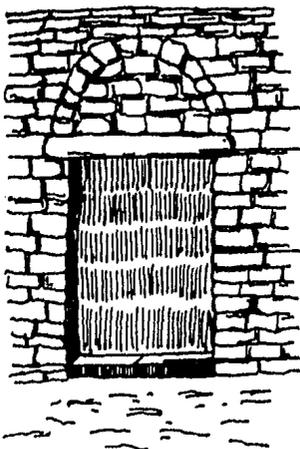
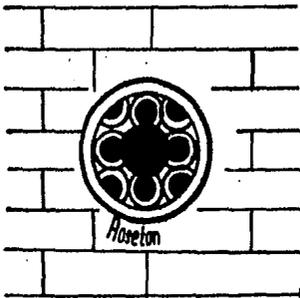
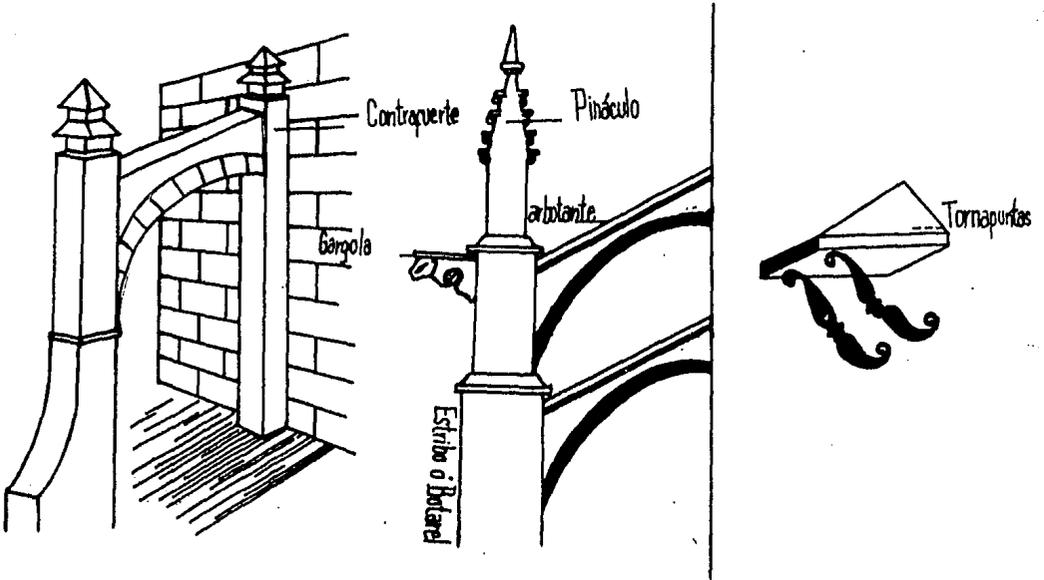


Figura 6.



## LOS VANOS.

Son las partes de la fábrica arquitectónica en que no hay macizo y se dividen en tres grandes grupos: a)intercolumnios,que son los espacios comprendidos entre dos columnas; b)puertas; c)ventanas.

En toda puerta hay tres elementos esenciales: a)el dintel,que es la parte superior horizontal; b)las jambas,que son las partes verticales laterales; c)el umbral,que es la parte inferior inmediata al suelo.

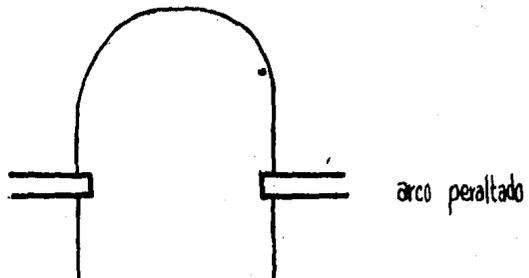
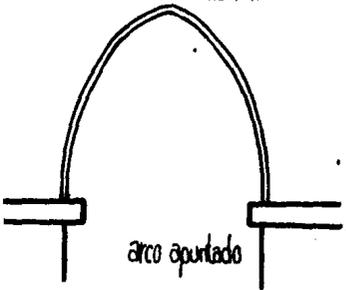
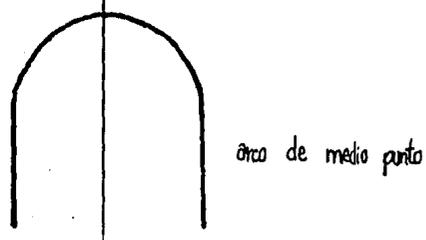
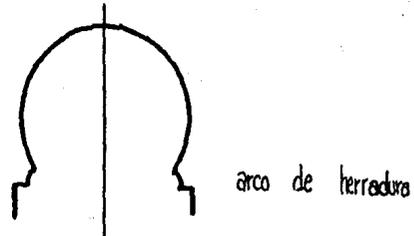
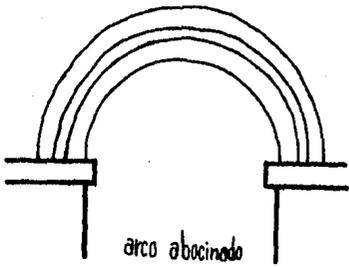
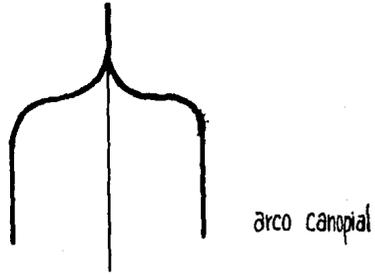
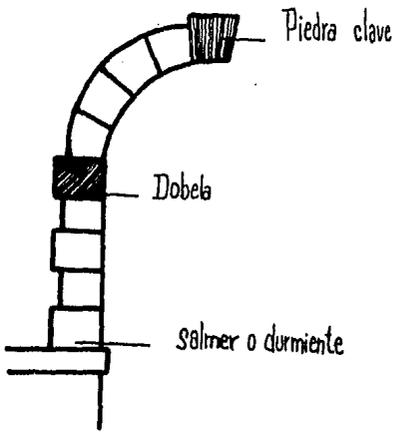
Las ventanas son aberturas de iluminación y a la parte correspondiente al umbral se le llama repisa y si es saliente al exterior se le llama alféizar.Hay diferentes tipos de ventanas: la tronera y la secreta,ambas son de pequeña abertura pero la primera se ensancha hacia afuera y la segunda hacia adentro;el ojo de buey,este tipo tiene forma circular u oval y se coloca tanto en las fachadas como en las techumbres;el rosetón,tiene forma circular y generalmente suele estar adornada con lacerías y calados de piedra;el ajimez,es una ventana partida en dos por una columna llamada parteluz o mamel;las buhardillas,son las ventanas verticales colocadas en la pendiente de un tejado.

## LOS ARCOS.

El arco es una bóveda sólida cuya forma está determinada por una o muchas líneas de círculo;también es el conjunto de piedras que cubren un vano formando una curva en la parte superior.Las piezas del arco se llaman dobelas y la parte superior o del centro tiene el nombre de piedra clave. Las dos inmediatas a los arranques se llaman salmer o durmientes.(Ver figura 7).

Hay muchas clases de arcos,siendo los principales:arco abocinado,está formado por tres porciones de círculos enlazados entre sí,es decir,por una serie de arcos concéntricos y es característico de la arquitectura románica y gótica;arco adintelado,es el que está en dirección horizontal ofreciendo muy poca curvatura (este arco debe de recibir el nombre de rebajado,es decir,aquél cuya altura es menor que su luz);arco apuntado,es el que consta de dos porciones de curva que forman ángulo en la piedra clave, se llama también arco ojivo;arco canopial,está formado por cuatro porciones de arco de círculo y si está adornado se llama florenzado;arco cumbra-doestá formado por media circunferencia;arco combado,es aquel cuya medida pasa de media circunferencia,es decir de 180° y también se conoce como arco de herradura,bizantino o morisco;arco de medio punto,es el formado por

Figura 7.-



medio círculo; arco peraltado, es aquel cuyo plano es paralelo a los muros de la fachada de un edificio, así en una iglesia ojival, las arcadas que ponen en comunicación la nave central con las laterales se llaman formeras o arcos formeros. El arco toral es aquél cuyo plano es perpendicular a los muros del edificio y sirven para sostener una bóveda o como base de una cúpula y sostienen más que los formeros. (Ver figura 8). El arco triunfal es el que da entrada al presbiterio de una iglesia. La arquivolta o archivolta es el conjunto de molduras que siguiendo la curva de un arco decoran el paramento exterior de éste. Los arcos cruceros son las diagonales que se cortan en una bóveda de crucería. El intradós es la parte inferior o interna de un arco. El cuadrado que circunscribe a un arco de herradura se llama arraba o alfiz; las enjutas son los espacios comprendidos entre la parte superior de los ángulos del alfiz y del arco.

#### LAS BOVEDAS.

Las cubiertas o bóvedas son un conjunto de piezas ordenadas que se unen para cerrar un espacio curvo. Cuando se va a construir una bóveda, como cuando se va a armar un arco, se emplea una armazón de madera llamada cimbra. La parte inferior o cóncava de la bóveda se llama intradós.

Los principales tipos de bóvedas son: bóveda de medio cañón, es la que siguiendo un semicírculo, cuya longitud es mayor que su anchura, tiene forma de medio cilindro hueco; bóveda de arista, es la intersección de dos bóvedas de medio cañón. (Ver figura 9).

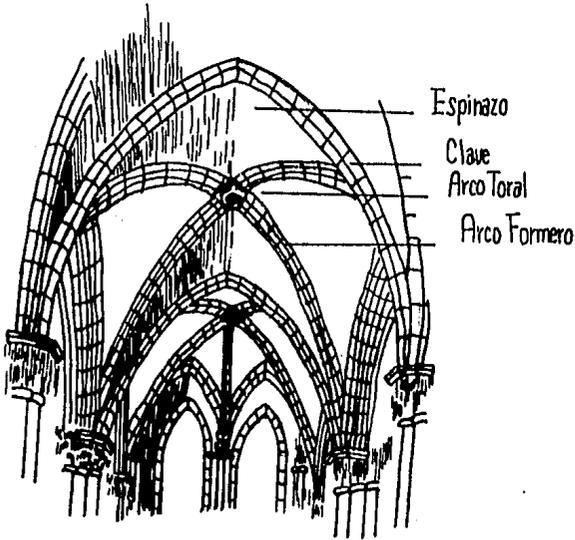
#### LAS CUPULAS.

Se originan de un arco que gira alrededor de un eje y pueden ser de diferentes estilos, como la cúpula semiesférica y la cúpula bulbosa. La parte exterior de la cúpula se llama domo.

Toda cúpula suele descansar sobre un tambor y éste sobre cuatro arcos torales y al llevar el tambor ventanas a éstas se les denomina juego de luces. Encima de la cúpula existe una parte cilíndrica o prismática con ventanas que recibe el nombre de linternilla.

Las cúpulas se apoyan sobre trompas o pechinas; la trompa es un voladizo en forma de cono, de nicho o análogo que sirve para pasar de una planta rectangular a una octagonal; la pechina es una sección semiesférica determinada por los arcos torales y por el anillo de la cúpula. (Ver fig. 9).

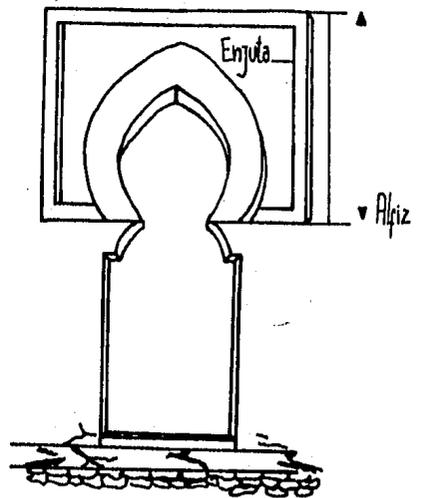
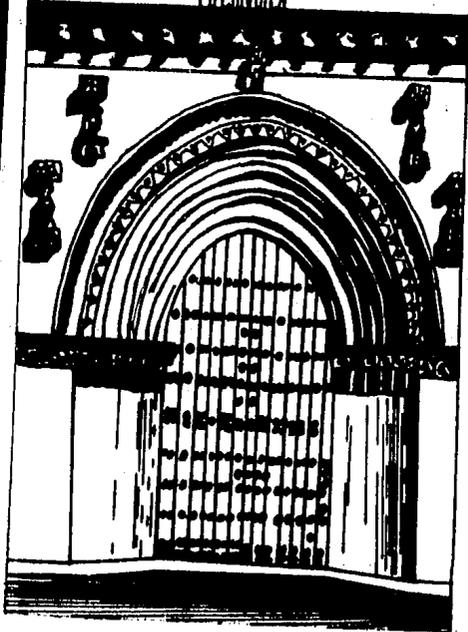
Figura 8.-



Intrados de un arco



Archivolta



## TECHUMBRES.

Es la parte superior de un edificio, más o menos inclinada, destinada a recibir las aguas pluviales y verterlas por medio de canales, de modo que los muros y el interior de la construcción queden libres de humedad.

Existen diferentes tipos de techumbres:

- a) En terraza, cuando tiene una inclinación muy suave, casi horizontal.
- b) Techumbre pectílea, es cónica y de borde denticulado como el de un peine.

En el estilo ojival, cuando las cubiertas de las torrecillas tenían muy corto diámetro, se emplearon pizarritas talladas en forma de escama semicircular o de dientes agudos y a esto se llamó techumbre pectílea.

A veces las techumbres se cubren con tejas en el exterior y si en el interior se forma de maderas entrecruzadas de estilo árabe se llaman alfarges o cabrillas.

Bovedillas son las pequeñas bóvedas que hay entre las vigas del techo.

Los artesonados son compartimientos adornados con molduras en derredor y están formados por los vanos que dejan las vigas entrecruzadas de las techumbres. Son casi siempre de madera y la decoración, que es hexagonal u octagonal, tiene intrincadas lacerías de gusto árabe así como doradas pifias estalactíticas. El artesonado también es cuando un techo se adorna con casetones de madera labrada o artesones, los cuales tienen forma cuadrada o poligonal y sus lados están formados por molduras que encierran en su centro un florón.

A la armazón que sostiene las tejas se le llama armadura, mientras que el arrocabe es el tablón o adorno sobrepuesto en un muro a manera de friso y desde donde generalmente parte o descansa el artesonado.

El chapitel es un campanario piramidal terminado en flecha muy aguda. A veces es de piedra pero generalmente está cubierto de madera, pizarra o cinc. (Ver figura 10). El alero o tejero es la cornisa del tejado sobre el muro.

ELEMENTOS DECORATIVOS Y DE  
FUERZA.

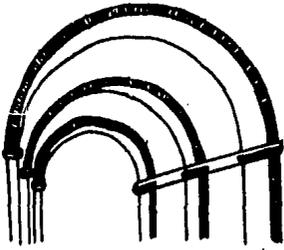
Son los siguientes: a) Repisa, es el saliente a manera de moldura que sostiene una estatua y que está colocada en un muro; b) La ornasina, es el hueco en el cual está colocado la estatua;

hueco en el cual está colocada la estatua;c)El doselete,es un techo colado que cobija la figura;d)La cornisa,es un cuerpo saliente con molduras que sirve de remate a otro.Existen varios tipos de cornisas como la cornisa arquitrabada -la que está colocada directamente sobre el arquitrabe y cuando no existe friso en el entablamento- y la cornisa cortada,cuando el saliente está interrumpido por motivos de esculturas o pilastras;é)El modillón,es el saliente que sostiene una cornisa.Algunos,como los de la Edad Media,están decorados con figuras de hombres y animales;f)La zabata es el modillón de madera que sostiene una viga;g)La imposta corrida,es la faja saliente en el paramento externo de un edificio;h) El gablete,es un triángulo colocado sobre el arco ojival,adornado con cardinas y terminado en un tope en forma de rana.(Ver figura 10).

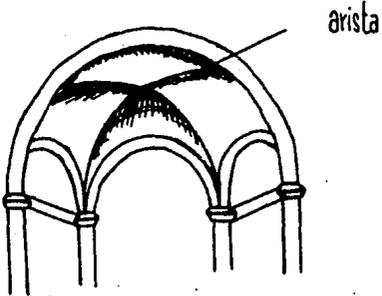
#### CUERPOS DEL EDIFICIO.

Los principales cuerpos de un edificio son: a)El pórtico,que es una galería cubierta al aire libre cuyas bóvedas están sostenidas por columnas, pilares o arcadas.También se llama logia cuando el conjunto está formado por un entablamento sostenido por dos columnas en medio de las cuales hay una arcada; b)El atrio, en el arte romano es el patio interior de una casa hacia el cual se orientaban las habitaciones.En Bizancio es un patio que precede a un monumento.En el cristianismo es el emplazamiento anterior a las iglesias cristianas y reservado a los catecúmenos,posteriormente el concepto se amplió y se aplicó a la plaza que está delante de cualquier iglesia o catedral; c)Las naves,son las partes de la iglesia que se extienden desde el altar mayor a la portada principal,o sea los corredores a lo largo del templo.El nombre es simbólico y proviene de la nave de San Pedro.Cuando un edificio tiene tres naves,a la lateral y paralela principal se le denomina nave catedral; d)El crucero,es el espacio comprendido en el cruce de la nave mayor con la otra perpendicular; e)El transepto,es la nave que cruza con la central cerca del altar mayor; f)La cripta,es la capilla o iglesia subterránea; g)El ábside es la extremidad de una iglesia situada detrás del coro.Existen diferentes clases de ábsides como el lobulado,que es circular,y el poligonal,con varias capillas; h)La girola,es una nave circular con capillas en el ábside y se forma por la prolongación de las naves laterales al unirse detrás del coro o del altar mayor.También se le conoce con el nombre de deambulatorio; i)El triforio,es la galería superior que corre sobre las naves laterales de la iglesia.(Ver figura 11).

Figura 9.



Bóveda de medio cañón



Bóveda de arista

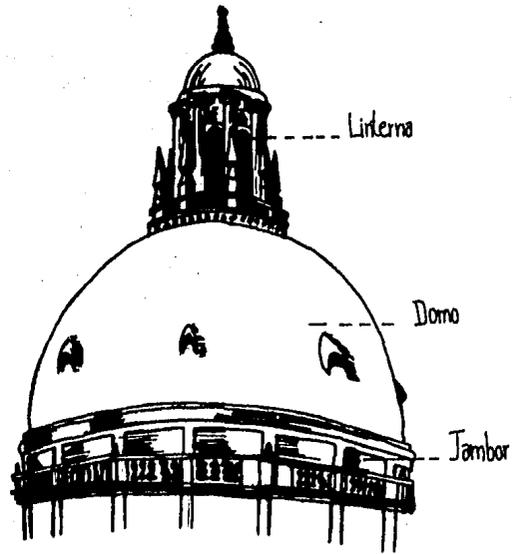
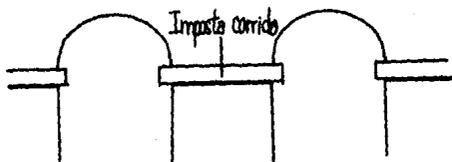


Figura 10.

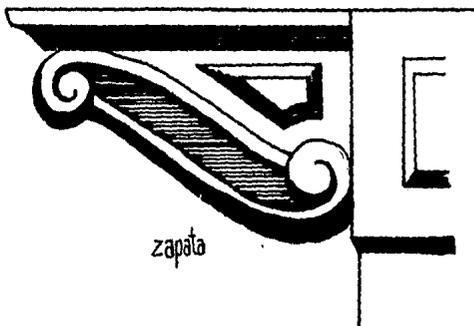


doselete

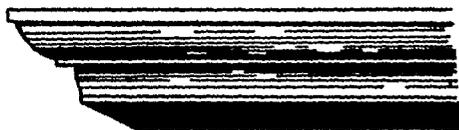
Pepisa



Impasta corrida



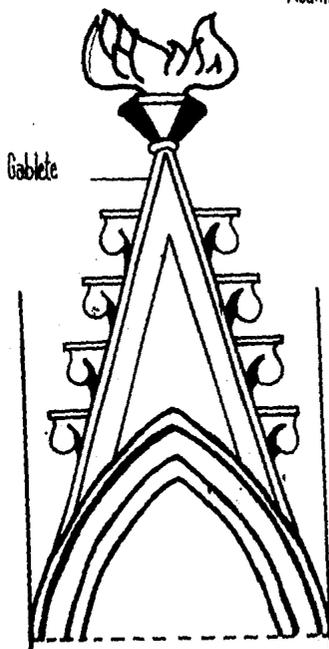
zapata



Cornisa

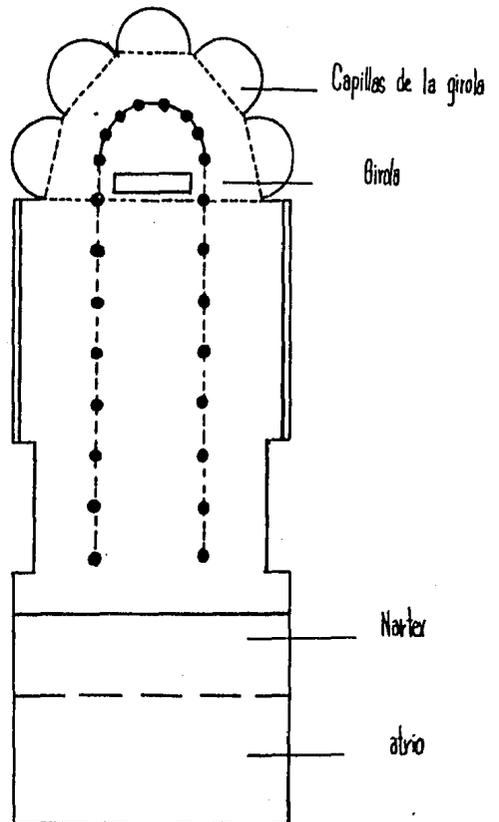
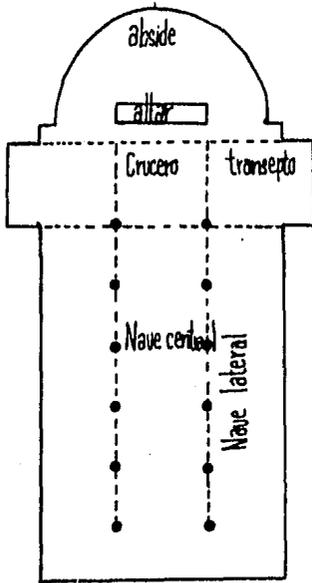


Modillón



Gablete

Figura 11.



## CLASES DE APAREJOS.

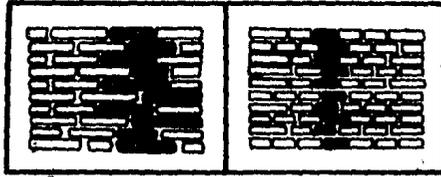
Se designan bajo el nombre de aparejos a los trabajos de estudio, preparación y ensamblaje que necesita la construcción de piedra. El aparejo puede ser regular o irregular, el segundo consta de piedras no hechas a escuadra, el primero sí. Las piedras hechas a escuadra se llaman sillares y la obra hecha con sillares se denomina de sillería o cantería. Los principales tipos de aparejos son: a) Aparejo a soga, es aquél en que los sillares o ladrillos tienen su mayor longitud en dirección perpendicular; b) Aparejo a tizón, es aquel en que los sillares o ladrillos presentan su cara menor al paramento; c) Aparejo ciclópeo, es la construcción de las épocas prehelénicas y etruscas formada por sillares poligonales y regulares donde no se ajustan las superficies de unas piedras a otras, se le ha llamado también aparejo pelágico; d) Aparejo de mampostería, es cuando las piedras son pequeñas o irregulares y se emplean para pavimentar o revestir superficies verticales. Suelen ser usadas como argamasa; e) El muro de cadena, es cuando se combinan ladrillos con los sillares o estos con la mampostería; f) Aparejo de diamante, es el formado por piedras o ladrillos. El exterior de la piedra en lugar de ser plano está tallado en punta de diamante más o menos aguda; g) Aparejo romano, se usaron tres tipos: 1.-opus incertum, en el cual se emplearon las piedras sin tallarlas; 2.-opus reticulatum, que son piedras puestas en forma de tablero de damas; 3.-opus spicatum, que son piedras o ladrillos colocados de modo que formen ángulo entre sí. (Ver fig.12)

## MOLDURAS.

Se llama moldura al salidizo continuo, recto o curvo que colocado sobre un muro constituye un adorno. Los principales tipos de molduras son:

a) Filete, es una moldura uniforme cuyo perfil es un rectángulo y que recibe también el nombre de listel. Sirve para separar las molduras cóncavas de las convexas; b) Faja, también es una moldura uniforme, ancha y muy poco saliente que se perfila sobre una superficie o siguiendo el contorno de una arcada. Cuando la moldura no es muy plana recibe el nombre de banda y cuando las fajas están decoradas reciben el nombre de cordón; c) Junquillo, es una moldura redonda; d) Toro, es una moldura de perfil convexo formado por una semicircunferencia, aunque en el arte gótico el perfil es elíptico; e) Bocel, es una moldura redonda cuyo perfil tiene forma semicircular, esta denominación es para el gótico; f) Caveto, es una moldura cóncava cuyo perfil mide un cuarto de círculo; se usa sobre todo en las cornisas y cuando

Figura 12.-

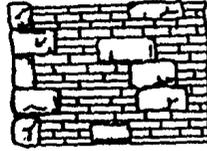


Aparejo a joga

Aparejo a Tizón



Aparejo Ciclópeo

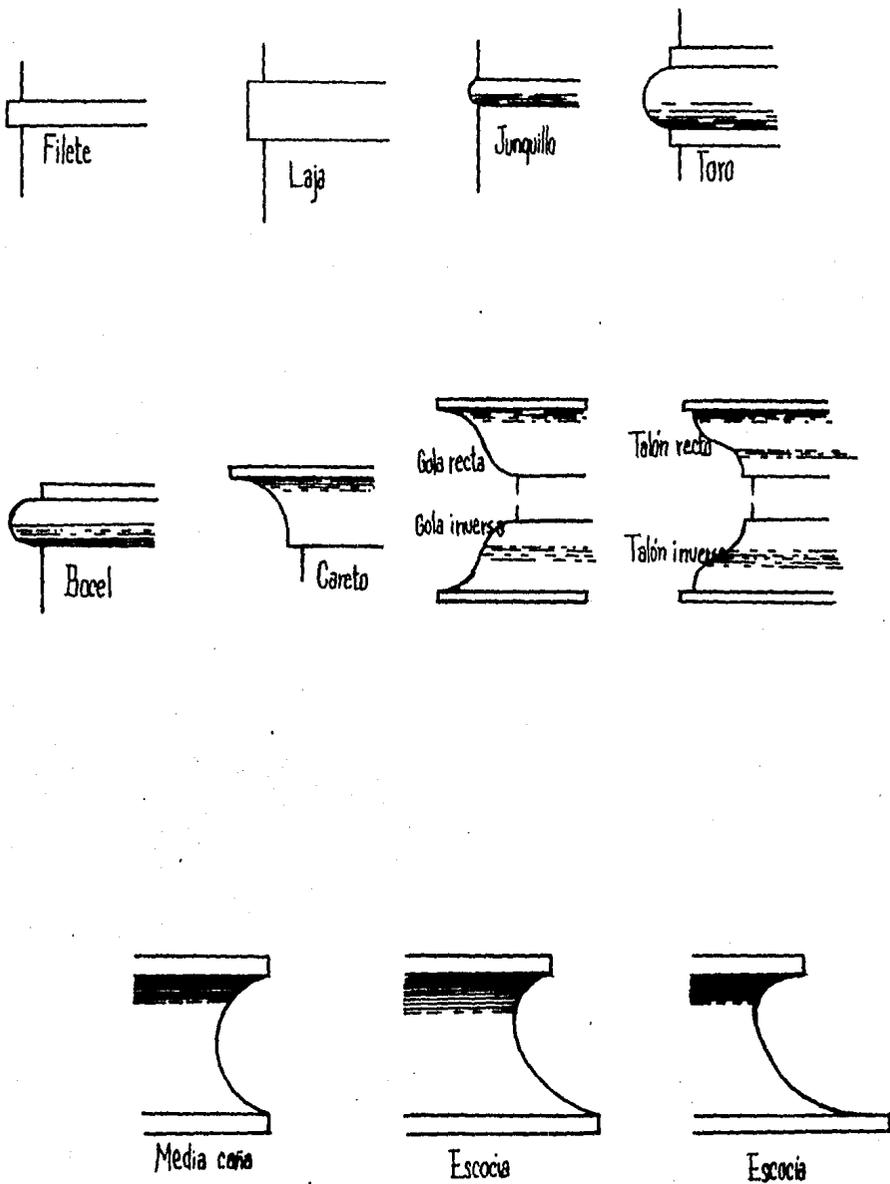


Aparejo de cadena



Aparejo de mampostería

Figura 13.



se usa en las basas o zócalos se llaman apófuges; g)Gola, es una moldura cuyo perfil tiene una concavidad en la parte superior y en la inferior imitando la figura de S. La gola recta es la parte superior y la gola inversa es la parte inferior; h)El talón, es una moldura formada por dos arcos de círculo, uno convexo y otro cóncavo, el primero está en la parte superior de la moldura y se le llama talón recto y el segundo está en la parte inferior de la misma y se le llama talón inverso o invertido; i)Media caña, es una moldura en forma de mitad de círculo y que podría representarse por una C mayúscula; j)Escocia, es una moldura de perfil cóncavo formada por dos porciones de curvas; esta moldura proyecta una sombra bastante pronunciada y a veces se le llama también tróquilo. (Ver Figura 13).

### C) CERAMICA.

Todo producto cerámico se obtiene mediante un procedimiento tecnológico especial que consta de los siguientes pasos: preparación de la masa cerámica, modelado en la forma deseada y cocción del objeto en hornos adecuados.

Durante la cocción, el objeto formado con la masa cerámica se transforma en un aglomerado de fases cristalinas cementadas por fases vítreas intersticiales. De la correspondiente cantidad de fases cristalinas y de las eventuales fases vítreas; de la estructura, número y tamaño y forma de los cristales; de la presencia o ausencia de poros o cavidades en el interior del cuerpo cerámico y de que exista o no un revestimiento superficial vítreo dependen las propiedades fisicoquímicas de los productos cerámicos. Tales propiedades son: una elevada resistencia al calor (refractoriedad); una baja conductividad térmica y eléctrica; una considerable resistencia mecánica (en especial a la compresión); una elevada dureza y una buena resistencia al ataque de agentes químicos y atmosféricos.

El conocimiento de los componentes químicos de una masa cerámica, su proporción y la temperatura alcanzada durante el curso de la cocción no es suficiente para definir el número, el tipo y la proporción de las fases presentes en la estructura final de un proceso cerámico, mientras que en cambio, lo son en sistemas de otro género (teniendo en cuenta la regla de las fases de Gibbs y los diagramas de fase). Efectivamente, en un sistema cerámico el logro de las condiciones de equilibrio está impedido por la escasa movilidad de los átomos a las temperaturas de cocción; esta escasa movilidad no es una característica ocasional sino necesaria en los componentes fundamentales de cualquier masa cerámica, pues durante la cocción, la masa debe fundir solo parcialmente y la masa fundida debe tener una viscosidad muy elevada, de modo que la pieza no se deforme. Por tanto han de ocurrir numerosas reacciones y transformaciones al estado sólido, o sea, en condiciones en que necesariamente la cinética de reacción es muy baja; se han de seleccionar los átomos componentes de la masa fundida de manera que tengan una movilidad muy baja, la cual debe decrecer rápidamente con disminuciones relativamente moderadas de temperatura. Tales características las presentan especialmente los átomos de Si, B y P, que por ello constituyen los formadores del retículo vítreo y consecuentemente resultan los componentes clásicos de las pastas cerámicas.

**MATERIAS PRIMAS.**

## MATERIAS PRIMAS.

Las materias primas utilizadas para la introducción de los diversos componentes químicos en la masa cerámica son generalmente minerales sometidos a operaciones de granulación, lavado, decantación y desecación. Ya que el 99% de la corteza terrestre se compone de  $H_2O$ ,  $TiO_2$  y óxidos de Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na y K son precisamente estos óxidos los componentes principales. Es evidente el gran número con el que teóricamente pueden producirse objetos cerámicos; este número aumenta si se considera que, como consecuencia del diverso origen y de la diferente historia geológica de los yacimientos, un mismo mineral presenta importantes diferencias de un yacimiento a otro y, frecuentemente, también de una zona a otra del mismo mineral.

Estas diferencias corresponden en especial a las llamadas propiedades cerámicas (plasticidad, tenacidad después del desecado, retracción después de la desecación y de la cocción, temperatura de fusión incipiente, intervalo de fusión, resistencia mecánica después de la cocción), a la cantidad y al tipo de impurezas y de los minerales asociados, a la estructura real de las fases cristalinas y a la granulometría.

Estas propiedades tienen una influencia directa sobre la velocidad de reacción y de transformación durante la cocción y, en consecuencia, sobre la estructura final del producto cerámico y sobre sus propiedades. Por lo tanto, la industria moderna, a la que interesan productos de características conocidas y reproducibles, sólo ha tomado en cuenta los yacimientos de gran extensión y de características uniformes y ha dado un considerable impulso a los estudios sobre las propiedades fisicoquímico-mineralógicas de los minerales que hace posible su selección y el control de las características de las materias primas. Estos problemas eran mucho más limitados cuando la cerámica era tan solo un producto artesanal.

## MOLDEADO DE OBJETOS CERAMICOS.

Todo mineral arcilloso mezclado con agua da origen a una masa plástica susceptible de modelarse en la forma deseada. Desecando el objeto después de su modelado se disminuye gradualmente su plasticidad hasta que, una vez seco, el objeto se vuelve duro, frágil y posee una discreta tenacidad que permite manejarlo. Con la desecación no se destruyen las propiedades plásticas de los minerales arcillosos, los cuales si se les adiciona agua, dan nuevamente origen a una masa plástica. Sin embargo, si se somete a cocción adecuada al objeto desecado, las propiedades plásticas de los com-

ponentes arcillosos son irreversiblemente destruidas y se forma el producto cerámico.

Con el estudio ha sido posible mejorar el conocimiento de las propiedades de los minerales arcillosos y se ha logrado, a través de la selección de yacimientos y de la purificación de los minerales, controlar y mantener constantes sus propiedades de modo que produzcan arcillas y caolines específicamente adecuados a los diversos usos, permitiendo la utilización industrial de procesos de modelado de objetos cerámicos que hasta hace un centenar de años se desconocían.

Entre estos relativamente recientes procesos de modelado están la extrusión por hileras, el prensado de masas semisecas y el colado. El último procedimiento, especialmente ventajoso para piezas de forma compleja, se basa en otra propiedad de los minerales arcillosos: la de que si se dispersan en agua, con la adición de adecuados agentes defloculantes (p.ej. silicato o carbonato de sodio) dan lugar a suspensiones coloidales. El objeto cerámico se forma vertiendo estas suspensiones fluidas en moldes de yeso poroso; el yeso absorbe el agua de la capa de suspensión con que se le ha puesto en contacto y las partes arcillosas, o la masa formada con éstas, se depositan sobre el molde de yeso; una vez adquirido el espesor deseado, la parte fluida que sobra es vaciada y utilizada de nuevo y la parte de masa adherida al yeso, que tiene un espesor uniforme, se desprende después del desecado y constituye un objeto que es copia exacta del molde de yeso.

La plasticidad, la firmeza en seco, la tendencia a agrietarse o a retorcerse durante el desecado, la facilidad para adaptarse a las formas del molde y todas las otras propiedades serán muy diferentes para cada arcilla o caolín. Además de la plasticidad y, en consecuencia, del problema de como afrontar las exigencias de la producción antes de la cocción, la masa debe tener otros requisitos: su composición física, química y mineralógica debe ser tal que durante la cocción pueda formarse la estructura prevista, sin que el objeto se deforme sustancialmente.

La elasticidad de una masa y su refractariedad son propiedades totalmente independientes: una arcilla muy plástica puede ser indistintamente muy refractaria o no; un cuarzo y un feldespato son igualmente no plásticos, pero encima de 130°C el uno es refractario y el otro es fundente. Por lo tanto, en la preparación de una masa cerámica no solo debe dosificarse de modo adecuado los componentes plásticos respecto a los no-plásticos, sino que al mismo tiempo debe realizarse una dosificación de los componentes refractarios con respecto a los fundentes de modo que durante la cocción tengan lugar determinadas reacciones a una determinada velocidad.

## COCCION.

Durante esta fase se producen un conjunto de reacciones y transformaciones después de las cuales se pierde irreversiblemente la plasticidad de la masa y se forma el cuerpo cerámico con su estructura y características definitivas. El esquema de tales reacciones es:

a) Pérdida de los eventuales componentes volátiles (agua de imbibición, compuestos orgánicos, agua de cristalización,  $\text{CO}_2$  de los carbonatos,  $\text{SO}_2$  por oxidación de sulfuros,  $\text{CO}$  y  $\text{CO}_2$  por oxidación de C, etc.).

b) Reacciones al estado sólido (disociación de algunas fases cristalinas, asociación entre los productos de reacción y las fases formadas, aumento de la movilidad de los iones y átomos y, consecuentemente, alteración de la estructura real y de las fases cristalinas y, en algunos casos, formación de disoluciones sólidas).

c) Formación de una fase fundida y reacciones consecuentes (aumento sustancial de la velocidad de migración de los iones y de los átomos y, por lo tanto, mejor homogeneización del cuerpo cerámico; aumento de la velocidad de reacción y, en algunas ocasiones, posibilidad de nuevas reacciones entre las diversas fases presentes; posibilidad de formación de fases vítreas).

d) Reacciones entre fases cristalinas o vítreas y los componentes de la fase gaseosa (en general reacciones de oxidación, reducción y carburación).

e) Transformaciones polimorfas enantiotropas y monotropas, según el equilibrio a las diversas temperaturas.

Después de haber tenido lugar estas reacciones se forma el producto cerámico, el cual estructuralmente presenta el aspecto de una masa heterogénea en la que será posible identificar:

a) Cristales de diverso tamaño, forma y naturaleza.

b) Una eventual fase vítrea intersticial más o menos abundante que cementa los cristales entre sí y en la cual los diversos cristales se hallan con frecuencia parcialmente disueltos.

c) Un sistema de poros y cavidades, que en los cuerpos cerámicos porosos pueden intercomunicarse y en los no porosos están aislados.

d) Una eventual capa superficial en la que la fase vítrea es predominante (llamada vetrina o barniz), que en algunos productos cerámicos se produce espontáneamente durante la cocción por migración a la superficie de los componentes menos densos pero que, en general, se obtiene aplicando sobre el objeto, antes de la cocción, una mezcla adecuada de componentes fusibles.

e)Eventuales capas discontinuas,diversamente coloreadas que constituyen la decoración del objeto cerámico y que, en general, están constituidas por fases vítreas y eventualmente por fases cristalinas dispersas en aquéllas. Estas capas pueden encontrarse superficialmente (decoración sobre el barniz), en el interior del barniz (decoración subyacente), o entre el barniz y el cuerpo cerámico (decoración bajo barniz).

No solo es importante producir fases con determinadas características, sino también realizar al mismo tiempo fases cuyas propiedades, en especial los coeficientes de dilatación, estén en armonía. Es evidente que, estando las diversas fases muy relacionadas entre sí y siendo diferentes sus características, durante el enfriamiento de la pieza se originan fuerzas de tracción y tensión entre las diversas fases. Es necesario que estas fuerzas sean tales que bajo una acción externa (variación de la temperatura) no superen los límites de elasticidad y provoquen la rotura de la pieza. Si es importante la armonía entre las propiedades de las fases finamente dispersas y compenetradas entre sí en el interior del cuerpo cerámico, es también indispensable que exista armonía entre el barniz y el cuerpo cerámico, que son dos cuerpos cerámicos con características propias unidos por una ligera capa intermedia y que, frecuentemente, son estados formados por dos cocciones distintas a diferentes temperaturas; el problema de la armonía masa-barniz es uno de los problemas fundamentales de la industria cerámica que condiciona la posibilidad de elaborar determinados productos.

#### DECORACION DE LOS PRODUCTOS CERAMICOS.

Se recurre a la aplicación de colores cerámicos para conseguir efectos decorativos. Los cuerpos colorantes utilizados desde la Antigüedad hasta nuestros días son innumerables y su naturaleza química es muy diversa. Sin embargo, los distintos métodos seguidos para la elaboración de los colores cerámicos así como las diversas tecnologías propuestas para su utilización corresponden a los métodos más convenientes de introducir elementos transicionales en los conjuntos cerámicos. El color se produce introduciendo en la fase vítrea y de modo determinado (como formador de retículo o como intermedio), iones metálicos especiales ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{V}^{3+}$ ,  $\text{V}^{4+}$ ,  $\text{V}^{5+}$ ,  $\text{U}^{4+}$ ,  $\text{U}^{6+}$ , etc); otro método es aquel en que se realizan dispersiones coloidales de metales en la fase vítrea (p.ej. de Cu, Au, Pt). También se utilizan los llamados pigmentos cerámicos, productos cerámicos intensamente coloreados que, gracias a su refractariedad respecto al cuerpo cerámico que se debe colorear, pueden ser finamente dispersos y per-

manecen prácticamente sin disolverse durante la cocción confiriendo, en consecuencia, su propio color al producto cerámico (p.ej. los pigmentos cromo-aluminio y los pigmentos circonio-vanadio).

## D) VIDRIO.

VIDRIOS COMUNES.- Estos vidrios se componen esencialmente de silicato de sodio y de calcio. Las materias primas que se utilizan en la elaboración de tales vidrios deben incluir fuentes de suministro de sodio - $\text{Na}_2\text{CO}_3$  o  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  con carbón, para reducir el ión sulfato-, fuentes de calcio -  $\text{CaO}$  o  $\text{CaCO}_3$ - y fuentes de silicio -cuarzo en forma de arena,  $\text{SiO}_2$ -. Una carga representativa para la fabricación de vidrio sódico-cálcico normal presenta la siguiente composición en peso: 100 partes de  $\text{SiO}_2$ ; 35 partes de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; 12 partes de  $\text{CaCO}_3$  y 10 partes de  $\text{NaNO}_3$  (que sirve para proporcionar algo de sodio y para oxidar los iones ferrosos a iones férricos).

Para un vidrio plano la carga que se emplea contiene: 100 partes de  $\text{SiO}_2$ , en peso; 32 partes de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; 6.5 partes de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; 0.3 partes de carbón vegetal y 32 partes de  $\text{CaCO}_3$ .

Todas las sustancias que componen la carga y que no se volatilizan en el proceso de manufactura permanecen en el vidrio formado. El color verde se debe a la presencia de impurezas de  $\text{Fe}^{2+}$ , en alguno de los materiales de la carga. Si se desea producir un vidrio incoloro, a pesar de la presencia del hierro, generalmente se añade nitrato de sodio o dióxido de manganeso. Para producir un vidrio colorido se añaden pequeñas cantidades de los siguientes materiales colorantes a la carga:

### INGREDIENTES COMUNMENTE USADOS PARA COLOREAR EL VIDRIO.

COLOR DESEADO	INGREDIENTES
NEGRO	COMBINACIONES DE VARIOS DE LOS SIGUIENTES MATERIALES; OXIDOS DE COBALTO, COBRE, FIERRO Y NIQUEL.
GRIS	UNA COMBINACION DE OXIDO DE NIQUEL Y DE OXIDO DE TITANIO.
PURPURA	OXIDO DE NEODIMIO.
AZUL	OXIDO DE COBALTO.
AZUL-VERDOSO	CROMITA DE FIERRO.
AMARILLO -VERDOSO	OXIDO DE CROMO.
AMARILLO	COMBINACIONES DE OXIDO DE CERIO CON OXIDO DE TITANIO.
AMBAR	SULFURO DE FIERRO.
ROJO	SELENIURO DE CADMIO, SULFURO DE CADMIO, OXIDO DE COBRE Y ORO METALICO (SIN COMBINAR).

## VIDRIOS ESPECIALES.

**VIDRIOS DE PLOMO.**- Los vidrios de plomo se componen esencialmente de  $\text{SiO}_2$  y de óxidos de plomo; el contenido de los últimos varía considerablemente pero en algunos productos puede llegar hasta un 9.2% en peso. Estos vidrios poseen un alto índice de refracción y una elevada resistencia eléctrica y se utilizan para la fabricación de loza y artículos de arte de alta calidad. También se usan en la industria eléctrica.

**VIDRIOS BOROSILICATADOS.**- Se componen esencialmente de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$  y  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Se caracterizan por su gran durabilidad, por sus propiedades eléctricas, por su muy bajo coeficiente de expansión térmica, por su gran inercia química y por su alta resistencia a los choques térmicos. Encuentra una amplia aplicación en la industria doméstica (utensilios para hornos), farmacéutica y en la producción de material de laboratorio.

**VIDRIOS PARA SOLDADURA.**- Se componen principalmente de óxidos de plomo, boro y cinc. Estos vidrios poseen bajas temperaturas de ablandamiento y de recocido y un tipo de expansión característico que hacen de ellos excelentes sellos (entre dos superficies de vidrio, entre una superficie de vidrio y un metal o entre dos superficies cerámicas). Debido a sus propiedades se le conoce como vidrio-goma.

**VIDRIOS DE SILICIO.**- Se compone exclusivamente de  $\text{SiO}_2$ . Tiene una muy alta temperatura de ablandamiento y un coeficiente de expansión térmico muy bajo. Para producirlo se requieren de temperaturas superiores a los  $1800^\circ\text{C}$ , lo que aumenta su precio hasta niveles que limitan su aplicación a equipos especiales de laboratorio. Se aplican en situaciones en las que se presentan fuertes choques térmicos.

**VIDRIOS CERAMICOS.**- Esta es una familia de materiales recientemente desarrollada y que encuentra una creciente aplicación en artefactos de cocina (incluyendo los utensilios de los hornos de microondas), en la fabricación de substratos ópticos y como componente de los procesos químicos. Los principales constituyentes de tales materiales son:  $\text{MgO}$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{SiO}_2$ .

Los vidrios cerámicos se producen como los vidrios normales pero mediante un tratamiento térmico posterior se logran transformar en materiales cristalinos. Debido a lo anterior no son vidrios verdaderos. El tratamiento térmico permite controlar la nucleación y la cristalización del vidrio y determina el tipo de fases cristalinas predominantes al final del mismo.

## CAPITULO VI: PANORAMA NACIONAL.

Siendo Mexico un país que cuenta con más de cuatro mil años de historia y arte, es difícil resumir en pocas páginas la evolución de las diferentes manifestaciones artísticas del mexicano. Sin embargo, en el presente capítulo se aborda este tema pero con un nuevo enfoque; se hará un esfuerzo para vincular la evolución artística con el progreso tecnológico y se buscará mostrar al lector la herencia que México ha dado al Mundo. Para ello se hará una división de la historia nacional en tres etapas: a) México prehispánico; b) México colonial; y c) México independiente.

La primera etapa tratará acerca de los materiales y técnicas artísticas autóctonas de México. Abarca desde los orígenes de la cultura en México hasta la culminación de la conquista de México-Tenochtitlán por los españoles.

La segunda etapa versará sobre la forma en que la cultura europea fue asimilada por los indígenas sintetizándose una serie de nuevas manifestaciones culturales exclusivas de nuestro país.

La tercera y última etapa se dividirá en dos temas: 1) la cultura anterior a la Revolución Mexicana; y 2) la cultura contemporánea. El primer tema abarca el ámbito cultural de la nueva nación desde poco antes de su nacimiento, en 1821, hasta el inicio de la Revolución, en 1910. El segundo tema arranca desde 1917, año en que llega a su fin el movimiento social más importante del presente siglo en México, hasta fechas recientes.

En el estudio que se realiza del México independiente se muestra la eterna lucha del mexicano por encontrar su identidad nacional debido a lo cual durante el siglo pasado se copian los patrones europeos, asimilándolos posteriormente a las tradiciones mexicanas para formar una nueva, fuerte y vigorosa cultura nacional.

La labor planteada es inmensa y requeriría de muchos volúmenes para poder ser desarrollada adecuadamente, por eso en esta tesis se busca señalar solamente los fenómenos más trascendentes y destacados de la historia del arte mexicano.

### MEXICO PREHISPANICO.

La historia del arte mexicano se inicia con la de las épocas más remotas, que se han agrupado tradicionalmente bajo el nombre de prehispánicas o precolombinas. Esta etapa es la menos conocida a causa de la información incompleta y de la dificultad que presenta la comprensión de su significa-

do original. El territorio mexicano incluye, casi en su totalidad, una enorme zona arqueológica de la cual sólo se ha explorado cerca del 10% de la misma. Así, con datos inconexos se ha tratado de reconstruir la cultura de los pueblos mesoamericanos.

Mesoamérica es una zona delimitada al norte por los ríos Sinaloa, en el Pacífico y Pánuco, en el Atlántico, unidos por una línea que pasa al norte de los ríos Lerma, Tula y Moctezuma; al sur, la zona excluye a Honduras, salvo en su región noreste y a la parte oriental de Nicaragua y de Costa Rica, excepto una porción noroccidental de Guanacaste y de la península de Nicoya.

A pesar de las diferencias regionales existentes entre ellos, los pueblos que vivían en Mesoamérica en el siglo XVI tenían en común una serie de caracteres que les daban unidad básica. Dentro de éstos se cuentan plazas ceremoniales con arquitectura monumental de piedra y estuco, pirámides (bases de templos), escalinatas majestuosas, elaborados sistemas de escritura pictográfica y jeroglífica, cálculos aritméticos basados en un sistema vigesimal y, al menos entre los mayas, el uso del cero. Además tenían un complejo calendario en el cual el año ceremonial de 260 días se intercalaba y corría concurrentemente con el año solar de 365 días, de tal manera que la misma combinación de días en los dos calendarios solamente reaparecía una vez cada 52 años, ciclo que asumía suprema importancia ritual; también tenían un ceremonial juego de pelota que se llevaba a cabo con una pelota de hule sólido en construcciones especialmente destinadas a este fin; manuscritos o libros a manera de biombos pintados en pieles de animal, en los cuales los sabios registraban rituales, datos astronómicos, materias legales, genealogías, su historia y mapas; también, mercados con gran variedad de productos domésticos o de importación; sentimientos de pecado y penitencia; autosacrificios llevados a cabo por medio de la punción de la lengua u otros órganos, con espinas de pescado o de plantas.

La interacción y al mismo tiempo la unidad entre las diversas culturas mesoamericanas, fueron logradas por una combinación de proselitismo, comercio y conquista.

El período preclásico o formativo comprende desde aproximadamente 2300 a.C., aparición de la alfarería, hasta el año 100 A.C. Se caracteriza por el sedentarismo pleno, por los inicios de la agricultura, por el surgimiento de una religión y por una incipiente organización social. Se divide en tres subperíodos: el más antiguo, formativo o preclásico inferior, va del 2300 al 1250 A.C., en éste la economía es autosuficiente y el desarrollo de la agricultura es notable, las figurillas femeninas de barro surgen

y se extienden por un amplio ámbito y las aldeas brotan en diferentes sitios.

El momento más importante del preclásico es el del preclásico medio, entre los años 1250 al 550 A.C.. La civilización define sus contornos: es en la costa del Golfo, en la región olmeca, donde se produce integralmente este fenómeno. La escultura y arquitectura monumental aparecen sin antecedentes previos; nacen, asimismo, la planificación y el urbanismo que permiten la concentración de grandes núcleos de población.

El preclásico superior es el escenario de los avances del preclásico medio; la arquitectura de mampostería se generaliza, las pirámides definen su forma y función y la escritura jeroglífica es un hecho consumado. Abarca del año 550 al 100 A.C.

El protoclásico, un lapso breve que se extiende del año 100 A.C. al 250 D.C., ha sido considerado como un período de transición: se empieza a gestar el regionalismo que va a caracterizar a Mesoamérica durante el siguiente gran período, el clásico, que comprende de los años 250 al 950 D.C. y que se ha dividido en temprano, del 250 al 550, y tardío, del 550 al 950, división establecida por el derrumbe de la hegemonía teotihuacana, que abarca la época temprana y por una fase de inactividad en la zona maya.

El período clásico se caracteriza por el desarrollo y la culminación de culturas regionales; la teotihuacana, la maya y la zapoteca. Es probablemente la época de mayor florecimiento, si se considera a Mesoamérica en su totalidad. Se logra un mayor auge económico y estabilidad social. Si Teotihuacan constituye el foco cultural más importante en el clásico temprano, la región maya es la más vigorosa en el clásico tardío. Hacia los siglos VIII y IX, revoluciones internas y movimientos migratorios anuncian importantes cambios culturales.

El período postclásico, del 950 al 1521 D.C., está a su vez dividido en temprano, del 950 al 1200 y tardío, del 1200 al 1521. Constantes movimientos migratorios de las tribus que habitaban al norte de Mesoamérica y fuertes tendencias militares que tienen por resultado la formación de Estados poderosos, dan la tónica política a la época. En este marco geográfico y temporal los indígenas dejaron huella de sus inquietudes existenciales en los monumentos arquitectónicos, en las piezas escultóricas, en los muros policromados, en las vasijas rituales y en otros objetos de mayor valor significativo aunque de menor tamaño.

Respecto a la aparición de las diversas manifestaciones artísticas la pieza escultórica más antigua que se conoce es la cabeza de un animal tallada en hueso de un extinto antepasado de las llamas y de las alpacas

que data de hace 10,000 o 12,000 años.

La escultura prehispánica se inicia con las figurillas de barro de los tiempos preclásicos y en ellas se ven cualidades que van a subsistir durante dos mil años: solidez; ritmo interno de la forma cerrada; mayor interés plástico en una de las partes de la escultura, la frontal -de ahí la llamada ley de la frontalidad-; el cuidado en la representación de la cabeza, del rostro y del tocado, cuando de figuras humanas se trata y, de la misma manera, el desinterés por la fidelidad anatómica.

Hacia el preclásico medio, con los escultores olmecas, esta disciplina artística adquiere proporciones monumentales tanto en las grandes como en las pequeñas tallas. Es para fines de este período cuando surge Monte Albán y en la zona maya la escultura arquitectónica, donde el relieve se integra con los edificios. No hay propiamente separación entre la arquitectura y la escultura, que se presentan formando una unidad. La escultura de bulto alcanzó un punto cimero en tiempos olmecas; durante el clásico, si bien no se relegó totalmente, sí fue sustituida por el relieve.

El relieve es una técnica que no participa de la realidad tridimensional de la escultura porque siempre cuenta con un fondo plano del cual se desprende. La forma nunca se aísla en el espacio ni es manejada como objeto de tres dimensiones; a diferencia de la escultura no proporciona sensaciones táctiles comprobables o completas y crea un mundo plástico que se encuentra entre el ilusorio espacio pictórico y el espacio real de la escultura. La escultura de bulto vuelve a cobrar vigor en los tiempos post-clásicos con los toltecas y adquiere una nueva expresión con los aztecas.

Los temas de la escultura prehispánica son múltiples y muy variados; oscilan entre los apegados a la naturaleza, aunque no sean necesariamente muestras de un arte mimético y, aquellos cargados de significados esotéricos que se manifiestan en formas simbólicas y complejas. Las imágenes plásticas de la escultura, sean naturalistas o abstractas representan por medio de símbolos aceptables para la comunidad -porque materializan algo presente en la conciencia del grupo- experiencias humanas fundamentales.

Al hablar de arquitectura precolombina primeramente debe resaltarse la "manía constructiva" que la caracterizó. Aún haciendo comparaciones entre las ciudades del medioevo europeo y las de la misma época de México, sorprende la extensión de sitios como Cobá con 50,000 hbs., mientras que la densidad media de las ciudades europeas era de 3,000 hbs. Además cada 52 años los templos se tenían que renovar totalmente. Dicha tendencia a edificar centros ceremoniales sobrevive a la conquista y en especial en el siglo XVI, con los grandes monasterios e iglesias, continua con la idea de sus-

tituir la herejfa por la fé.

Una síntesis de tipologías urbanas mesoamericanas podría constituirse de seis conceptos básicos: grupos diseminados; nucleización de los mismos; absorción o simbiosis de grupos externos; crecimiento desmedido de la ciudad, siempre reflejando un crecimiento del mismo tipo en cuanto al territorio poseído; abandono repentino o paulatino de las grandes ciudades; creación o aprovechamiento de aquellas poblaciones abandonadas, con núcleos urbanos de menor densidad de población. Aparentemente todo sitio prehispánico está asociado con una de las tipologías anteriores, aunque siempre hay excepciones.

En cuanto a las tipologías astronómicas las más importantes son: eje preferente N-S magnético; eje preferente O-P magnético; eje preferente N-S solar; eje preferente O-P solar; cruces de ejes a 90° y triangulación de los ejes. Esto es en relación con el centro ceremonial, ya que los asentamientos civiles se agrupan alrededor, a veces en aparente desorden.

El germen, la vida y el desarrollo de la arquitectura en México, desde los inicios de la época prehispánica ha sido la choza. En el Altiplano Central el jacal (xacalli en náhuatl) pasa a ser importante al utilizarse para el culto religioso, cuando se monta en una pequeña plataforma (más tarde una gran pirámide) y se diferencia del resto de los jacales de la zona. Esta evolución de la choza es más clara en la zona maya. Aquí el templo es construido con la bóveda maya y en la mayor parte de los sitios con friso y crestería, siendo además objeto de señalamiento especial con el uso de motivos iconográficos y simbólicos. En cuanto a su sistema constructivo consta de dos elementos totalmente diferenciados entre sí: el primero es el estructural, constituidos por los apoyos y la armadura del techo; el segundo es el complementario, formado por el recubrimiento del techo y los muros.

La bóveda maya es una de las aportaciones que tuvo la arquitectura mesoamericana. Fue la solución ideal al problema del espacio útil, empleando la piedra como material de construcción, linealmente sin limitaciones (en cuanto a su extensión), lo que da por resultado edificios con predominio horizontal. En general, las bóvedas de esquina -para unir en 90° dos bóvedas entre sí- no fueron del gusto maya, aunque existen ejemplos como el Palacio de Palenque, donde los pasillos se encuentran resueltos de esta forma. La duplicidad en bóvedas paralelas es otra alternativa; construir bóvedas en los extremos de los edificios también fue un caso común, con puertas en cada una de las cuatro caras del edificio. La limitación más importante de la bóveda fue la imposibilidad de tener un espacio más ancho o mejor proporcionado como en los locales zapotecas, teotihuacanos o toltecas; ya una bóve-

da de 2.50 m de ancho es una bóveda muy bien erigida, con cresterfa perforada, ligera y de un excepcional sistema constructivo.

La arquitectura mesoamericana, fundamentalmente en sus inicios, usó el entorno natural y las extensiones visuales, ya fuera para cuidar el desarrollo de los cultivos o para ir más allá de los muros. Cuando se observa la ciudad de Teotihuacan desde lo alto de la Pirámide de la Luna o cuando, desde cualquier sitio de Monte Albán se contempla la naturaleza, se siente a ésta en plenitud. El hombre, al que le fue dado ser consciente de este hecho, en el momento de concebir el emplazamiento de un sitio o imaginar una pirámide y su plaza procuró armonizar, complementar y absorber esa grandeza natural.

La pirámide tiene su origen en sitios tan antiguos como La Venta, en el área olmeca; Monte Negro y Monte Albán I, en Oaxaca; Chiapa de Corzo, en el área maya y Cuicuilco, en la cuenca hidrológica de México. De las investigaciones hasta ahora realizadas se desprende que el sitio más antiguo donde aparece por primera vez la pirámide es San Lorenzo Tenochtitlán, en el área olmeca.

La pirámide pudo haber surgido de una imitación estructurada a base de un elemento natural: montaña, colina. En algunos casos aprovecha una montaña natural, la cual simplemente es recubierta con sus distintos basamentos y formalizada.

La pirámide estuvo siempre vinculada con la plaza. Esta, en los más antiguos asentamientos mesoamericanos, fue el espacio abierto de la aldea donde se reunían los habitantes para intercambiar opiniones o para el trueque de granos y de productos artesanales. Esta plaza se va formalizando en lo que llegará a ser el tianguis actual. Conforme se va desarrollando el centro ceremonial, surge otro tipo de plaza que se dedica en exclusivo a fines ceremoniales y forma parte directamente de la pirámide y el templo. En otras palabras, la plaza se convierte en elemento clave del centro ceremonial.

Otras de las aportaciones arquitectónicas mesoamericanas, además de todas las anteriores, son: la utilización de bases de templos dobles; la utilización a gran escala de materiales de origen volcánico, el tezontle -la espuma solidificada de la lava- sobre todo en la cuenca del valle de México; la utilización de adhesivos o cementantes como el estuco, que es una mezcla de cal, arena y baba de nopal; el surgimiento de nuevas concepciones escultóricas como el Chac-Mool (que en su ombligo presenta el centro de masas del cuerpo), los Atlantes, la Piedra de Tizoc, Coatlicue, Tláloc y muchas otras más; las escalinatas de los templos que miran hacia el poniente

y la secuencia del talúd-tablero, entre muchas otras.

Respecto a la pintura mesoamericana tuvo múltiples expresiones, desde la mural hasta los códices y vasijas de barro. El quehacer pictórico en el mundo mesoamericano se manifestó con extraordinario vigor, coherencia estilística y consistencia conceptual, tanto en el arte monumental como en el de pequeño formato.

La pintura decoró las ásperas e irregulares paredes de oscuras cuevas o de las rocas a la intemperie y las aplanadas superficies de basamentos, taludes y cornisas, las fachadas de pórticos, así como de muros de templos y cuartos palaciegos. Muros aplanados y libros hechos de fibra vegetal o piel de venado se cubrieron de imágenes humanas y divinas, signos calendáricos, jeroglíficos, fórmulas tributarias y formas abstractas. Las superficies planas, cóncavas y convexas de platos, cajetes y vasos de tierra cocida, hábilmente fraguada, se decoraron con múltiples diseños coloreados.

Una sinfonía de colores iluminó la totalidad del arte prehispánico. Diferentes tonos y matices, de pigmentos vegetales y animales, acentuaron el perfil volumétrico de la arquitectura, el trazo seguro del cincel que animó el relieve escultórico, las imágenes exentas y el estuco y el barro que el suave giro de la mano humana modelaron en esculturas integradas a los edificios o en grandes y pequeñas imágenes de bulto.

Las diversas manifestaciones de la actividad pictórica se agrupan en categorías que comprenden las de los dioses y sus símbolos y las de un arte ritualista, augural e histórico. Las fuentes escritas y pictográficas que hoy se conocen pertenecen a las fases más tardías del desarrollo histórico mesoamericano. Por otra parte, recogen una tradición autóctona a partir de la conquista y se repiten, esporádicamente, a lo largo del período colonial.

Bernardino de Sahagún publicó una lista de los pigmentos empleados por los indígenas del México prehispánico, que son:

Nocheztli.- Es decir, sangre de tuna. Así se llamaba a la famosa cochinilla que daba la grana, de un fino color rojo carmín.

Tlapanextli.- Grana cenicienta templada con greda blanca o con harina.

Izquilmilchui.- O sea, grana falsa; mal color empleado con engaño.

Xochicalli.- Pintura de flores amarillas.

Matlali.- Azul de flores, quizás añil.

Zacatlaxcalli.- Planta que tiene diversos usos. Daba un amarillo claro.

Chiotl.- Color dorado blanquecino.

Huitiquáhuhtl.- Es el rojo del palo de Campeche.

Huisache.- Arbusto espinoso que produce un negro intenso. Toda la tinta de escribir de la época colonial fue hecha de huisache.

Nacazc6lotl.- Color igualmente negro.

Tez6atl.- Color negro producido por la mezcla de huisache con tlaliac y conocido con el nombre de alumbre.

Xiuhquflitl.- Color azul oscuro.

Texotli o Xox6vic.- Azul celeste.

Tecoc6huitl.- Nombre de una piedra que produce color amarillo.

Teilli6cotl.- Negro de humo de ocote.

Tizatl.- Es el tizar com6n.

Estos eran los colores puros, pero podfan mezclarse para obtener otros matices, asf por ejemplo con Zacatlaxcalli, Texotli y Tzachtli se obtenfa verde oscuro, al igual que con Tecoxtli y Tzachtli leonado. Tambi6n se da noticia de un aceite, Tetfcatl, que se obtenfa de una piedra y se empleaba para bru6nir j6caras.

Respecto a la metalurgia aparece de manera repentina alrededor del a6o 700 o 900 D.C. Las principales t6cnicas utilizadas fueron: a) la t6cnica de la cera perdida o fundici6n; b) t6cnica de la falsa filigrana; c) t6cnica del martillado; y d) t6cnica del repujado.

La t6cnica de la cera perdida sirvi6 para hacer las piezas m6s complicadas y delicadas y se obtenfan mediante el siguiente procedimiento. El orfebre hacfa primero una base de carb6n pulverizado mezclado con barro, la cual se dejaba secar hasta que se endurecfa y despu6s se tallaba d6ndole la forma deseada con una peque6a navaja de metal; m6s tarde, el joyero utilizaba cera purificada de abeja mezclada con resina (que actuaba como agente endurecedor), la extendfa al tama6o deseado y la colocaba sobre la base. Cualquier correcci6n al modelo de cera se hacfa durante esta etapa, antes de colocar el molde exterior. Una vez efectuada la operaci6n anterior la cera se cubrfa con una gruesa capa de carb6n pulverizado y agua; despu6s 6sta a su vez se cubrfa con una capa de carb6n grueso mezclado con arcilla; posteriormente la base se detenfa con clavos de madera o estovinas para que no se moviera durante el fundido. En el molde externo se dejaban unas aberturas para permitir que la cera saliera y el metal derretido entrara y reemplazara la cera. Se dejaba secar por dos d6as; luego se calentaba en un brasero todo lo anterior para que la cera se derritiera y saliera por las aberturas. El oro se derretfa en un crisol y se vertfa en un molde, llenando el espacio que quedaba por la cera ya derretida. Cuando se endurecfa, aparecfa una copia exacta de la hecha originalmente en cera, pero en metal. Para poder sacar el objeto contenido en el interior, el molde tenfa que romperse.

Generalmente el modelado de la cera se hacfa a mano, pero algunas partes tales como las alas

tes tales como las alas de los pajaros, se producían en grandes cantidades en moldes abiertos. Esta técnica permitía la elaboración de objetos huecos, tales como figurillas o pendientes con partes móviles. También se obtenían anillos de filigrana con cabezas de águilas descendentes, pectorales con figuras de dioses, cascabeles en forma de tortuga, bezotes, mangos de abanicos y de otros objetos de joyería.

Entre los objetos utilitarios se hacían agujas, hachas y tenacillas. Se hacían también objetos con aleaciones diferentes, tales como discos mitad oro y mitad plata, o peces con escamas de oro y plata.

La técnica de la falsa filigrana consistía en la utilización de finas hebras de cera -que podían obtenerse prensando cera derretida a través de un tubo de vidrio que se colocaba en agua fría- que daban la apariencia de alambres. En el proceso de la filigrana, un alambre metálico se enrolla, se dobla y se suelda para hacer objetos huecos tales como cuentas o para producir una decoración de superficies lisas. Las hebras de cera se usaban de la misma forma que el verdadero alambre, pero el modelo de cera se ponía en un molde y se fundía en una sola operación. La fase final consistía en pulir las superficies ásperas que habían surgido anteriormente.

La técnica del martillado trabajaba los metales en frío. Entre las muestras que han perdurado se cuentan objetos de oro, cobre o plata laminados, tales como diademas o piezas de cobre a modo de hachuelas y que se usaban como monedas. Se obtenían brazaletes laminados, discos, orejeras, pectorales y narigueras, por lo general con diseños repujados.

El repujado es el arte de labrar con martillo las láminas de metal con el fin de lograr que se produzcan figuras en una de sus caras. Dicha técnica fue muy empleada. Se practicaba también el engastado de metales de distintas piedras, tales como la obsidiana y la jadeíta. El pulido pretendía un mejor acabado de los objetos.

El forrado de los objetos se hacía con láminas de metal. Así como hachas y coas; todas estas actividades se practicaban en frío.

Los metales de uso más frecuente fueron: oro, plata y cobre; éstos se emplearon sobre todo para producir objetos de joyería. Las regiones que más oro produjeron en México fueron Zacatula, en la costa del Pacífico y Tuxtepec, en Oaxaca. El cobre se trabajó sobre todo para producir objetos de tipo utilitario: agujas, anzuelos, taladros, cinceles, campanas y hachas. El hecho de que la plata sólo en raras ocasiones se encuentra en su estado natural explica que se hayan fabricado pocos objetos con este material. El estaño también se trabajaba, aunque sólo se han encontrado unos cuantos bezotes hechos con este metal provenientes de Telolalpan, Guerrero. Es muy pro-

bable que este metal se haya usado frecuentemente, ya que Cortés hace alusión a objetos fabricados con él. El fierro y el acero no se trabajaron debido a la falta de carbón puro en México, que al ser un país de gran actividad volcánica posee todos sus yacimientos del área mesoamericana envenenados con azufre. Esta fue una razón de primordial importancia para comprender el atraso tecnológico de los pueblos indígenas.

Con respecto a las aleaciones la más común fue la de oro con cobre, conocida con el nombre de tumbaga. Dicha aleación era más barata que el oro puro y podía dársele su apariencia. Algunos metales preciosos se combinaron con plumas, o bien con incrustaciones de jade o turquesa para producir todo tipo de joyas: collares, pendientes, adornos para la cabeza o para los labios, aretes o anillos para la nariz y para los dedos.

Respecto al mosaico se sabe que se empleó desde el preclásico. Su mayor difusión, sin embargo, acaeció hasta los tiempos históricos. Se utilizaba ampliamente la turquesa, que provenía de Zacatecas, Chiapas y Guatemala.

Bernardino de Sahagún, la principal fuente de información del siglo XVI, dejó la siguiente descripción de la elaboración del mosaico: "Los artifices lapidarios cortan primero el cristal, la amatista, la turquesa, la esmeralda, con arena de sílice y un metal duro. Y los pulen con pedernal, y los perforan y horadan con un punzón de metal. Luego, lentamente tallan su superficie, la desbastan. La enmolecen con plomo y dan a las piedras la última perfección con un palo; con él pulen las piedras hasta que brillan y hechan reflejos de sí. O también con un bambú fino las pulen y con estos las perfeccionan y acaban su artefacto los lapidarios. La turquesa por no ser dura, no más con un poco de arena se pule y perfecciona y con ella también se le puede dar brillo, darle relucencias; con un instrumento especial que se llama relucidor de turquesas. Los fragmentos de turquesas finalmente se montaban en una base de madera o bambú, elaborándose el efecto deseado.

Finalmente cabe destacar una característica general del arte mexicano precolombino: el carácter anónimo del mismo así como su función propiciatoria.

#### MEXICO COLONIAL.

Con relación a la arquitectura, escultura, pintura y demás manifestaciones artísticas del virreinato es un error emplear el término de "estilo colonial", puesto que, durante la dominación española en México, existieron diversos estilos que fueron sucediéndose y modificándose al correr del tiempo.

tiempo.

Si a raíz de la conquista florecieron el gótico y el mudéjar, a partir de mediados del siglo XVI predominó el plateresco, el cual después de un corto florecimiento del llamado herreriano se hizo más y más exuberante hasta convertirse, durante el siglo XVII, en el pujante barroco. Este a su vez se transformó durante el siguiente siglo en el churrigueresco o ultra-barroco. Naturalmente se comprenderá que al mencionar estilos y épocas, no se pretende señalar períodos definidos de florecimiento, lo que sería absurdo ya que los estilos se confunden y se mezclan unos con otros, gradual y casi imperceptiblemente.

A fines del siglo XVIII y principios del siglo XIX se operó una reacción en contra de la ornamentación exagerada, debido principalmente a la influencia del arquitecto Antonio González Velázquez, del escultor Manuel Tolsá y de otros miembros de la recién fundada Real Academia de Las Nobles Artes de San Carlos. Se quiso retornar a las formas clásicas, como entonces se interpretaban en España y esta modalidad tomó el nombre de neoclasicismo, equivalente a academismo.

Dentro de las aportaciones arquitectónicas que México dio al Mundo durante la época virreinal se cuentan las siguientes:

- a) El aspecto de fortaleza que prevaleció en las construcciones del siglo XVI.
- b) La utilización de atrios enormes al frente de las iglesias -para dar cabida al enorme número de indios que se pretendía evangelizar- con grandes bardas, cruces atriales con caracteres tequitquis y la presencia de capillas abiertas y de capillas posas.
- c) La invención de las grandes plazas.
- d) El arte tequitqui.
- e) La sobre explotación decorativa del barroco.
- f) La utilización de nuevos materiales.

Respecto al primer punto es importante resaltar que mientras en Europa estaba en pleno florecimiento el estilo manierista -el estilo renacentista fuera de Italia-, en la Nueva España se gestaba una arquitectura muy peculiar. Los frailes constructores no tenían grandes conocimientos de arquitectura e ingeniería, debido a lo cual sus obras reflejaron el miedo a que se cayeran los edificios que levantaban.

Los mayores testimonios de lo anterior lo constituyen los edificios conventuales del siglo XVI, de los cuales quedan cerca de 400 en todo el país. En ellos se distingue perfectamente una exageración en lo que a espesor de muros se refiere. Se aprecian muy pocos vanos en las fachadas y, los

que se permiten, están muy desproporcionados. Va a apreciarse en esta época el uso de los techos de viguería (que se sustituirán paulatinamente durante los dos siglos siguientes por techos abovedados) y de espadañas, los antecedentes de los campanarios.

Los conventos y las casas van a poseer torreones, loggias, pasos de guardia, almenas y demás dispositivos defensivos contra posibles levantamientos indígenas.

Respecto al segundo punto, es uno de los más importantes puesto que la invención de las capillas posas y de las capillas abiertas constituye un fenómeno exclusivo de México.

Las capillas posas eran cuatro capillas que se colocaban en los vértices o esquinas de la cerca del atrio y que servían para que se posara al Santísimo, en el marco de una ceremonia católica cargada de enorme sincretismo con el mundo indígena. Ellas en sí mismas representan la cosmología prehispánica adaptada a la nueva religión.

Las capillas abiertas fueron una medida necesaria para realizar la evangelización de los nuevos territorios.

Respecto al tercer punto, al realizar el alarife Alonso García Bravo la traza de la ciudad colonial de México, aprovechó la traza indígena y permitió la existencia de dos plazas frente a la primitiva catedral; al ser una mucho más grande que la otra adquirió el nombre de Plaza Mayor de México. Esta es el antecedente del Zócalo actual. Al visitar los viajeros europeos la capital de la Nueva España se quedaban atónitos al contemplar las dimensiones de tal plaza y, posteriormente al regresar a Europa modificaron las dimensiones de las plazas europeas, ampliándolas considerablemente. Actualmente, el Zócalo de la ciudad de México es una de las plazas más grandes del Mundo.

El arte tequitqui es toda manifestación artística que no tiene algún antecedente en el arte occidental. Muchas cruces atriales, pilas bautismales, motivos ornamentales y portadas de templos pertenecen a tal estilo. Por mencionar un ejemplo basta recordar el caso de Acolman.

El barroco es la manifestación más rica, variada y persistente de la época colonial. Se puede apreciar en la literatura, en la escultura, en la arquitectura, en la pintura, en la música y en la manera de ser y de pensar de los novohispanos de los siglos XVI, fines, XVII y de casi todo el siglo XVIII.

La arquitectura barroca se clasifica de acuerdo con el tipo de soporte que utiliza, es decir por la forma de las columnas y pilastras. Así surge el barroco salomónico, el barroco tritóstilo, el estípite, el de argamasa y

todas las variantes que se presentan en la figura 14.

Al surgir la pilastra estípite, el barroco adquiere una nueva vitalidad y la ciudad de México entera se engalana con el arte churrigueresco -llamado así en honor de los arquitectos José de la Churriguera y de sus hijos Benito y Nicolás-, que al evolucionar daría lugar al ultrabarroco. La pilastra estípite es la geometrización más perfecta que se ha hecho de la figura humana y nace como consecuencia de los avances científicos de los siglos XVI y XVII. Cuando Nicolás Copernico comprueba la validez del sistema heliocéntrico, se pensó que la Tierra y el hombre no eran tan importantes y se decidió minimizar la figura humana colocándola en la fachada de los templos, pero escondiéndola mediante la pilastra estípite. (Ver Fig 15).

Respecto al último punto cabe destacar que el churrigueresco mexicano es diferente del español, pues se saca un mayor partido del contraste de la piedra labrada gris y de las superficies planas de rojo tezontle. Cuando los muros no eran de este material, solían ornamentarse con esgrafiados, relieves, ajaracas y otras labores de argamasa de sabor marcadamente mudéjar. En toda Nueva España la ornamentación churrigueresca, tanto de fachadas como de altares, tiende a afectar la forma piramidal, lo que junto a la profusión de pebeteros, obeliscos y perillones le imparte una silueta especial que sólo puede compararse con el aspecto de los templos del Indostán.

Una variedad muy notable de este estilo se presenta principalmente en Puebla y su comarca, donde los edificios coloniales están revestidos, total o parcialmente con azulejos. Esta costumbre data de la segunda mitad del siglo XVII.

Respecto al neoclasicismo, se tratará en el anexo dedicado al siglo pasado; siglo XIX.

Finalmente, México aportó al Mundo una rica variedad de materiales que modificaron la vida europea. Por ejemplo el cacao, la cochinilla, el maíz, el chile, la calabaza y, desde el punto de vista arquitectónico, el rojo tezontle, las tobas -lo que se conoce con el nombre de cantera-, el mármol mexicano o tecali, el ónix y una enorme variedad de maderas duras, preciosas y semipreciosas, que cambiaron los conceptos artísticos europeos.

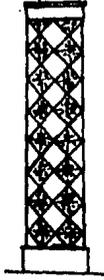
En términos generales, la escultura de la Nueva España presenta diversos aspectos: elementos ornamentales de piedra, principalmente estatuas y altos y bajos relieves, en edificios civiles y religiosos; cruces y figuras aisladas; talla ornamental en madera para púlpitos, retablos y silleras de coros; imaginería policroma, característica del arte religioso virreinal y, finalmente, el de estatuaria propiamente dicho.

Perdura en México abundante escultura ornamental como parte integran-

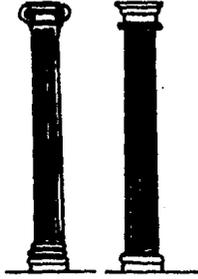
Figura 14.



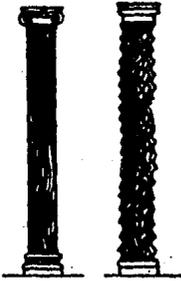
B. Estucado



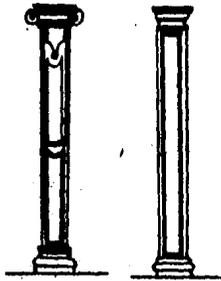
B. Talaveresco



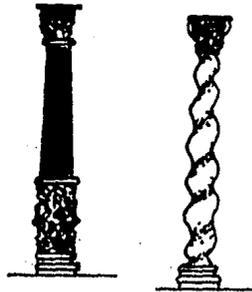
B. Purista



B. de estrias móviles



B. Tablerado

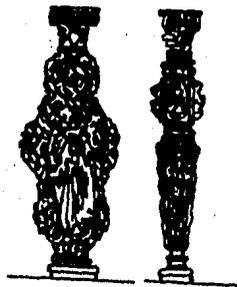


B. Tritóstilo

B. Salomónico



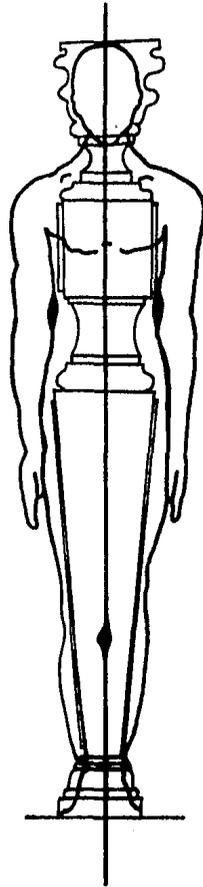
B. Estipite



Ultrabarraco

Figura 15.

PILASTRA ESTIPITE



te de la arquitectura religiosa. Frecuentemente las portadas de las iglesias ostentan cuatro o más estatuas de santos hechos en piedra o en tecali, dentro de nichos y bajo baldanquines, entre dos columnas o pilastras; y en el cuerpo superior otras columnas y sendas estatuas encuadran la ventana del coro. Cuando no existe tal ventana, ocupa su lugar un tablero, en alto o bajo relieve, que presenta alguna alegoría o incidente de la vida de un santo a quien la iglesia está dedicada. Continuamente se prolongan los ornamentos esculturales a la torre del templo.

En la arquitectura civil el entallado de la piedra se localiza alrededor de las portadas y ventanas y en las esquinas, así como en los estípite y almenas de las azoteas.

La escultura colonial de piedra, si de cerca parece un tanto tosca y no del todo acabada, vista a distancia guarda perfecta armonía, en proporciones y posturas, con el edificio que exorna.

Las figuras de madera dorada y colorida destinadas al culto, no solamente servían para formar parte integrante de altares y retablos, sino también para imágenes aisladas en el templo o en el hogar. No presentan las mismas características que las estatuas de piedra, puesto que aparte de su rica coloración están labradas con gran esmero, ya que fueron esculpidas para verse de cerca. Esta imaginería mexicana, oscuro es decirlo, es de tradición netamente española; pero los escultores del México virreinal nunca llegaron a producir obras comparables a las de los grandes imagineros españoles (Pedro de Mena, Alonso Cano, Salcillo).

Como regla general, la expresión facial de tales esculturas es dulce y natural, pero algunas veces se encuentran, especialmente en poblados pequeños y capillas aisladas, Cristos y otras imágenes de aspecto exagerado y hasta macabro, productos del llamado arte popular.

El estofado, o sea el dorado y pintado de esas imágenes de madera, fue siempre rico y en la mayoría de los casos de muy artística ejecución. El procedimiento que se seguía era el siguiente: primero se cubría con yeso toda la figura, que a continuación se doraba toda, exceptuando el rostro, las manos y los pies; después se aplicaba el color, ligeramente realzado, marcándose con punzón los bordados de la ropa, dejando entrever el dorado en las partes que la fantasía del artífice creía oportuno. La cara, manos y pies se pintaban, al igual que los cabellos, con sus colores naturales. Estas estatuas de madera presentan poca variedad en sus posturas y generalmente tienen paños exageradamente movidos.

Respecto a las estatuas funerarias, no alcanzaron gran calidad.

Puede decirse que desde el momento en que los franciscanos y demás

misioneros empezaron a enseñar a los naturales a copiar imágenes europeas para el servicio de la Iglesia, quedó introducido en México el arte de la pintura. Fray Pedro de Gante estableció, entre 1530 y 1540, una Escuela de Artes y Oficios, anexa al Monasterio Grande de San Francisco, en donde se enseñaba principalmente pintura y escultura. Colaboró con él su discípulo Fray Diego de Valadés, excelente dibujante.

En general la pintura en México siguió la escuela de Sevilla, pero también sufrió la influencia de Italia, en lo referente al colorido, y la de Flandes, en ciertos detalles.

Los pintores coloniales de México emplearon varios procedimientos técnicos: el fresco, el temple, el óleo y en un solo caso al final del período colonial, al pastel. Al principio la pintura al óleo se aplicó directamente sobre la madera y más tarde, sobre la tela -"bramante crudo"-, ya fuera pegada o restirada sobre un bastidor; pero también desde temprana fecha se emplearon láminas de cobre para pinturas de tamaño reducido.

El 4 de agosto de 1557 el Virrey aprobó las primeras ordenanzas de pintores.

En realidad, la mayor parte de las pinturas de caballete del siglo XVI se han perdido; de las pocas que se conservan una de las más interesantes es el retrato de Fray Domingo de Betanzos, pintado al temple por artista anónimo en el monasterio de Tepetlaoztoc, en donde había otro por el estilo de Fray Martín de Valencia. Y en la iglesia de San Agustín Acolman perduran una Anunciación y una Adoración, al temple sobre tabla, fechadas en 1561 pero mal restauradas en 1711. Los pastores de la Adoración son indios de Acolman.

Este arte alcanzó su mayor apogeo durante el siglo XVII; en el siglo XVIII se ejecutaron una enorme cantidad de pinturas, pero la mayoría de muy baja calidad.

En términos generales, solamente se pintaban en la Nueva España asuntos religiosos y retratos; rara vez merece tomarse en cuenta un interior, un jardín conventual o un esbozo de paisaje, porque no era más que un accesorio o fonde del cuadro.

Debe tenerse en cuenta que la mayor parte de los cuadros de grandes dimensiones que han perdurado hasta la fecha, estaba destinada a formar parte de dorados retablos de iglesias y se pintaron para verse de lejos.

La pintura mexicana de la época colonial posee dos características que la distinguen de las de otros países y son: a) la persistencia del manierismo durante tres siglos; y b) el ser la síntesis de corrientes tan opuestas como el "tenebrismo" de Zurbarán y la pintura, llena de color y de vida, de Rubens.

Es evidente que junto con la imprenta se introdujo en México el arte del grabado en madera, ya que los impresores traían además de los tipos necesarios, cierto número de planchas para componer portadas, iniciales y hacer estampas. Sin embargo, ninguno de los grabados del siglo XVI está firmado. Los indios pronto se mostraron hábiles grabadores, aunque con toda ingenua sencillez y fuerza de carácter de lo primitivo, como lo demuestran algunos de sus frontis.

No solamente para ilustrar libros se hicieron los primeros grabados en México. Afectos al juego como eran los españoles, los naipes fueron artículos de mucho consumo y hasta se dice que en plena guerra de conquista los fabricaban con los parches de sus atambores.

Además de portadas de libros, se grabaron en madera durante los siglos XVI y XVII, imágenes de santos y escudos de armas en gran profusión, así como uno que otro retrato.

Aunque según parece el grabado en lámina de cobre ya se ejecutaba en México a finales del siglo XVI, su verdadero florecimiento se inició con Samuel Stradanus (forma latinizada de van der Straet), natural de Amberes, que llegó a México a principios de siglo y desde luego comenzó a ejercer su oficio. Grabó varios retratos, pero su lámina más notable, tanto por el asunto como por su composición es su Virgen de Guadalupe, grabada en 1622 y por lo tanto la imagen más antigua que se conoce de dicha advocación.

Sin negar categóricamente que se hayan labrado medallas en México antes del año 1700, sí puede decirse que el delicado arte del "grabado en hueco" tuvo sus comienzos en la Nueva España después del advenimiento de la Casa Borbón al trono de las Españas. No fue sino hasta los tiempos de Carlos III que empezaron a aparecer monedas troqueladas en el país, en plata, en bronce y algunas en oro y continuaron elaborándose hasta el término del gobierno virreinal.

El arte netamente mexicano del mosaico de plumas, que elaboraban los artifices indígenas llamados amantecas, siguió ejerciéndose en la época virreinal, especialmente durante el siglo XVI; pero si antes de la conquista su práctica estaba muy extendida, después de ella quedó reducida a algunas comarcas de Michoacán. Naturalmente los antiguos temas prehispánicos cedieron su lugar a imágenes religiosas, que sugerían y dirigían los misioneros. Pero la técnica siguió siendo la misma que en los tiempos antiguos y según Clavijero, las plumas preferidas para tan delicado trabajo fueron siempre las de los "picaflores"; tanto por su sutileza como por su finura y variedad de colores.

Fray Bernardino de Sahagún dejó una descripción detallada de la téc-

nica empleada por los amantecas en la ejecución de su labor artística; los útiles que usaban para cortar diminutas partículas de plumas en sus colores naturales; la manera como dibujaban primero los contornos del asunto que trataban en corteza de maguey; de qué modo cortaban después el dibujo y lo colocaban sobre un fonde de algodón y plumas de menor calidad que la capa superior; el método que utilizaban para sombrear los colores y para preparar el pegamento, que extraían de cierta variedad de orquídea; y de cómo le daban los toques finales a su trabajo.

Como todas las partes del mosaico, inclusive los rostros de los santos y las leyendas del cuadro, se componían de menudas partículas de pluma, lo deleznable de esta materia explica por qué son tan escasos los ejemplares que han llegado hasta el presente y el deterioro, más o menos pronunciado, en que se encuentran. Se conservan sólo algunas imágenes religiosas, dos mitras y, el objeto más notable de todos, una preciosa adarga de parada que hicieron los amantecas para Felipe II y que se conserva en la Armería Real de Madrid. El complicado diseño del mosaico de plumas que decora el frente del escudo es tal que asombra cómo pudo llevarse a cabo por medio únicamente de partículas de pluma pues, además de sus numerosos arabescos y otros adornos, están representadas con todo detalle las batallas de Navas de Tolosa, de los pozos de Túnez y de Lepanto, así como la entrada de los Reyes Católicos en Granada.

El arte del mosaico de plumas empezó a decaer en el siglo XVII y, en el siglo XVIII, ya no se hacían con plumas los rostros de las figuras sino que se pintaban al óleo. Así pronto el arte plumario dejó de existir.

Otra supervivencia del arte prehispánico fue el de figuras de caña seca de maíz. Durante el siglo XVI y parte del XVII se fabricaron, principalmente en Michoacán, santos Cristos y otras imágenes de este material, que describe brevemente el P. Larrea, al hablar de los tarascos. "Cogen caña de maíz y le sacan el corazón, que es a modo de corazón de cañaja pero más delicado, y moliéndolo se hace una pasta con un género de engrudo que ellos llaman tatsingueni".

Fray Jerónimo de Mendieta dice por su parte que los Cristos así hechos eran tan livianos que los podía cargar cualquier devoto niño y tan "perfectos y proporcionados y devotos, que hechos de cera no pueden ser más acabados". Sea de ello lo que fuere, lo cierto es que muchas de estas imágenes de caña seca de maíz fueron llevadas a España y muy apreciadas allí. Hasta la fecha se venera un Cristo de éstos en la Parroquia de San Juan Bautista en Telde, Gran Canaria.

En México se conservan varias imágenes de este tipo, entre otras:

un Santo Cristo en la iglesia de San Francisco de Tlaxcala; el famoso Señor de Santa Teresa, actualmente en la Catedral Metropolitana; Nuestra Señora de la Salud, de Pátzcuaro, que según la tradición fue mandada a hacer por don Vasco de Quiroga y el Santo Cristo de Tizapán.

El hierro forjado fue un arte de filiación netamente española, sin influencia indígena alguna, puesto que los antiguos mexicanos no conocían este material. En cambio los conquistadores y primeros pobladores venían de un país donde la industria del hierro había alcanzado un alto grado de perfección artística, especialmente en las famosas rejerías de las grandes catedrales. Se trajo hierro de Vizcaya para labrar las primeras obras en México, pero no existen muchas que hayan sido labradas en la Nueva España antes del año 1600. También se resguardaban con rejas los coros altos y bajos de las iglesias de los conventos de monjas y, ya en pleno siglo XVIII, se erigieron algunas muy notables, como las de Santa Clara y Santa Rosa, en Querétaro.

Abundaron además en la Nueva España, los clavazones de puertas, aldabas, llamadores y demás herrajes, en que a veces se asoma la flora y la fauna mexicana; entre los más notables deben citarse los de la iglesia de San Francisco de Cholula, todos de distinto dibujo.

Más el arte de los herreros no se limitó a servir de complemento a la arquitectura, sino que también invadió el terreno del mobiliario ecléctico y civil y el de los objetos domésticos.

En la Nueva España pocos objetos se labraron en bronce. Los primeros fueron las campanas para las iglesias que iban surgiendo en el país recién conquistado. Toscas y mal hechas como eran en un principio, se fueron perfeccionando rápidamente bajo la dirección de los misioneros que enseñaron a los indios a fundirlas. Se dice que los carmelitas poseían un secreto para fundir los metales, de manera que lograban que todas sus campanas tuvieran idéntico tañido. Muchas de las campanas coloniales tenían, en sus superficies exteriores, adornos en relieve como crucifijos y monogramas y, en casi todas, inscripciones.

Muy notables barandales de bronce había en las casas y en las iglesias de México, pero los más suntuosos ejemplares que existen son la "crujía" y la reja del coro de la Catedral Metropolitana. Esta reja fue diseñada en México por el pintor Nicolás Rodríguez Juárez en 1721, fue fundida en la colonia portuguesa de Macao, en el sur de China, de tumbaga y calafín, ligas de oro, plata y cobre.

En tiempos coloniales se emplearon muchas figuras de marfil como motivo decorativo pero, desde luego, la mayoría fueron esculpidas en China o Filipinas y se importaron en las famosas naos que periódicamente arribaban a Acapulco. Estas pequeñas esculturas de marfil no esconden su evidente ori-

gen asiático y se labraban, en su mayor parte, de un solo colmillo por lo que casi siempre se ven inclinadas hacia un lado, lo que demuestra la forma primitiva del material.

Desde temprana fecha se fabricó vidrio en la Nueva España. Motolinía escribe en 1541 que "el hacer vidrio no ha sido poca admiración a los indios naturales" y, en la Instrucción para el cobro de Alcabala, de 1574, figura el vidrio como una de las "cosas de la tierra", sujetas al pago de dicho impuesto; pero nunca rayó a gran altura esta industria. Ya fuera por la escasez de las sustancias necesarias para su fabricación o por la falta de pericia de sus artesanos, sólo en Puebla de los Angeles se llegó a tener una industria de alguna significación. Sin embargo, el vidrio que se fabricaba, a juzgar por los pocos ejemplares que subsisten, fue de burda calidad.

La cría de gusanos de seda en México tuvo principio en los años inmediatos a la Conquista. El Oidor Delgadillo (1528-1534) estableció un plantío de moreras cerca de la ciudad de México y en 1542 Cortés escribía al Rey acerca de sus plantíos de Yautepec. Por esta época se llamó Alcaicería de la seda, de Valencia. Naturalmente se formó un gremio que se denominó "Arte Mayor de la Seda". En 1664 todavía existía el gremio, pero no cabe duda que la industria estaba en plena decadencia y llamada a desaparecer en poco tiempo. La causa principal fue la negligencia de los indios, quienes no mostraron el menor interés en el cultivo de las moreras ni en la cría del gusano de seda; pero el golpe de muerte fue dado por la introducción de seda de China, que comenzó a importarse en 1582. A fines del siglo XVII, la producción de México había cesado por completo; de allí en adelante, casi toda la seda que se consumía en el reino se importaba de China y de Italia, así como de España.

En cuanto a los azulejos, algunos autores opinan que son de origen oriental y que fueron introducidos en España por los moros. En México los de loza de Puebla se emplearon abundantemente para el embellecimiento de edificios, cosa que prestó marcado y hermoso carácter a la arquitectura colonial. Estos azulejos eran por lo general cuadrados, de seis pulgadas por lado, o sea la mitad de la superficie de un ladrillo; pero los había también triangulares, octagonales y de forma caprichosa. Eran ligeramente convexos por lo que podían usarse tanto en superficies planas como en curvas, en combinación con ladrillos, en pisos y fachadas. Presentaban dibujos variados en azul, verde, blanco y amarillo, perfilados a veces, con negro de manganeso. Los más corrientes, llamados vulgarmente medios pañuelos, estaban divididos en dos colores diagonalmente y se prestaban para formar dibujos geométricos de mucho efecto en cúpulas y torres de iglesias. Son incontables los templos que todavía existen <sup>re</sup>vestidos de azulejos, en todo o en parte;

baste citar como ejemplos, la iglesia de San Francisco Acatepec, Puebla, y la "Capilla del Pocito", en la Villa de Guadalupe.

### MEXICO INDEPENDIENTE.

#### EL ARTE DEL SIGLO XIX

Durante esta etapa, México surge a la vida como Nación independiente y va a tratar de encontrar un arte de afirmación nacional. Sin embargo, para entender los procesos artísticos que se sucedieron en México a lo largo del siglo pasado hay que remontarse hasta las últimas décadas del siglo XVIII. El arte de la afirmación nacional puede dividirse en cuatro períodos:

1.- 1781-1821. El período de las reformas borbónicas; de la fundación de la Real Academia de las Tres Nobles Artes de la Pintura, la Escultura y la Arquitectura de San Carlos; y de la introducción del arte neoclásico.

2.- 1821-1857. El período de la emancipación de México y de sus primeros difíciles pasos como nación en busca de sí misma, al que corresponde en lo artístico la persistencia del neoclasicismo, constituido ya en expresión republicana del arte nacional, así como la producción pictórica y gráfica de los artistas europeos que visitaron el país durante aquellas décadas. En la última parte del período se reorganiza la Academia de San Carlos, en la que se impone el proyecto de la facción conservadora.

3.- 1857-1867. El período culminante de las Guerras de Reforma, es decir, las luchas por el poder de los partidos liberal y conservador, con el triunfo aparente del segundo debido a la instauración del Segundo Imperio; en lo artístico, los liberales comienzan a impugnar el proyecto conservador.

4.- 1867-1921. Es el período correspondiente a la restauración de la República (una vez cerrado el paréntesis de la intervención francesa) y a los largos años de gestión presidencial de Porfirio Díaz. En este período se impone el proyecto de los temas nacionales en las artes figurativas, si bien alternado hacia fines del siglo con otra opción subjetiva, expresiva y cosmopolita, la del modernismo. Por lo que toca al estilo prevaleciente existe una actitud tolerante, ecléctica, que va a producir su manifestación más explícita en el historicismo arquitectónico de la época.

Con el advenimiento de nuevos gustos e ideas sobre el arte, en Europa, a base de revivir las formas y criterios de la antigüedad clásica y dentro del ambiente racionalista, surgió un movimiento que vino a poner brusco fin al arte barroco: el neoclásico. Winckelmann es el esteta y teórico más importante y su "Historia del arte entre los antiguos", de 1764, es la obra capital para entender el espíritu y concepto de la nueva corriente. Sin embargo, aun-

que muy "clasicista" el arte neoclásico no deja de ser un nuevo aspecto del barroco; por otra parte, es también romanticismo, que pretendió tender un nuevo y estrecho puente con la antigüedad clásica. A ese tiempo, segunda mitad del siglo XVIII, corresponde la fundación de muchas academias, la mayor parte en España y, desde luego, la Real Academia de las Nobles Artes de México, fundada por Carlos III en 1785. El propósito de esta institución benemérita fue enseñar el "verdadero arte", con sus cánones precisos. Un grupo de maestros vino a México: Antonio González Velázquez, arquitecto; Manuel Tolsa, arquitecto y escultor; Rafael Ximeno y Planes, pintor; Joaquín Fabregat, grabador de talla dulce.

En un principio el arte neoclásico fue considerado como imposición estatal, mas a medida que corrió el tiempo, coincidentes con las ideas de la Ilustración, de modernidad y de independencia nacional, el neoclásico vino a ser popular y ampliamente aceptado, porque era la señal de los nuevos tiempos, por ser antitradicionalista y de carácter internacional, filosófico y moderno.

De la arquitectura religiosa neoclásica son dignas de mencionarse las siguientes obras: la iglesia del Carmen de Celaya, obra de Francisco Eduardo Tresguerras; la iglesia de Loreto, de la ciudad de México, obra de Ignacio Castera y Agustín Paz; la linternilla, balaustradas y el cubo del reloj de la Catedral Metropolitana, obras de Manuel Tolsa.

El gusto por las obras neoclásicas en México fue tan arrollador que destruyó muchas obras barrocas, especialmente retablos, por considerarlas tan sólo "un montón de leña dorada", pero fue también significativo de que las corrientes eran renovadoras y de que la voluntad de los mexicanos era entrar en la modernidad, ideas que originaron la Independencia.

Dentro de la arquitectura civil, el monumento más importante y significativo de la época es el Palacio de Minería, obra de Tolsa, quien lo construyó entre 1797 y 1813, en la ciudad de México. Es un edificio espléndido y de gran belleza, el más importante de su género en América y uno de los pocos neoclásicos de primer orden que existen en el Mundo.

Otras obras importantes de Tolsa son el Hospicio Cabañas, en Guadalajara, que viene a ser algo así como El Escorial Mexicano y que se ha significado por albergar la mejor obra mural del mayor muralista mexicano, José Clemente Orozco; la Casa del Marqués del Apartado, en la ciudad de México; la Casa de los Condes de Buenavista, actual Museo de San Carlos, en la ciudad de México; la estatua de Carlos IV, "El Caballito", que es la obra maestra de la escultura neoclásica y constituye una de las primeras cuatro estatuas ecuestres del orbe y la primera de América, sin duda; el grupo escultórico de las

virtudes teologales (Fé, Esperanza y Caridad), que rematan el reloj de la Catedral Metropolitana y una imagen de la Purísima, en la iglesia de la Profesa de la ciudad de México.

Con respecto a la pintura neoclásica, los mejores exponentes son Rafael Ximeno y Planes, que pintó temas religiosos y retratos, y José Luis Rodríguez Alconedo, que viene a ser el último pintor novohispano de importancia y cuyas mejores obras están pintadas al pastel.

La obra maestra del grabado neoclásico es el plano de la ciudad de México, levantado por don Diego García Conde y grabado en una serie de grandes planchas por José Joaquín Fabregat, fechado en 1807. Fue el primer levantamiento científico de la ciudad.

México tuvo su primer movimiento romántico en torno a la Independencia y se expresó en formas neoclásicas. Las luchas por emanciparse de la Metrópoli abrieron un extraño aunque explicable paréntesis en la creación artística. De entonces vale más fijar la atención en algunos artistas extranjeros que a través de sus obras dieron a conocer la vida, las costumbres y aún los paisajes y los intereses económicos de esta parte de América, que España había guardado celosamente y que por fin se abría a otras posibilidades y a las relaciones con otros países del mundo entero. De los más destacados vale la pena mencionar a Claudio Linati, italiano; a Octavio D'Alvamar, español; el barón Federico Waldeck, oriundo de Praga y nacionalizado francés; Daniel Tomás Egerton, inglés; Juan Moritz Rugendas, alemán y muchos otros más.

A raíz del movimiento de Independencia, la Academia cayó en un total abandono y no fue sino hasta que el estudio de las bellas artes formó parte de un vasto programa progresista del general Santa Anna, cuando se le reorganizó y empezó una nueva vida, que perduró hasta los primeros años del presente siglo. La institución renovadora abrió sus puertas, con una planta de distinguidos maestros, en el año de 1847.

En cuanto a la pintura, a la corriente académica seguiría la romántica, llamadas ambas "de figura", con temas religiosos, históricos, filosóficos, costumbristas y, al final, simbólicos y fantásticos. Pero la expresión pictórica más importante del siglo es la pintura de paisaje, cuyo máximo exponente es un pintor de primera categoría: José María Velasco (1840-1912).

La pintura de paisaje era la tendencia más moderna en Europa y a ella se atuvo Velasco, pero también era necesario dar expresión no sólo al paisaje propio sino también a la historia, así, con intuición genial y siluetas expresivas, sintetizó ambas cosas y pudo ser moderno y expresar lo propio sin falsedades idealistas. A Velasco le impresionaba la naturaleza, monumental de América y le interesaron aspectos peculiares, como el valle de México,

las haciendas y los acueductos, la fauna y la flora del país -Velasco habfa estudiado botánica por lo que registró en su obra una enorme variedad de ejemplares de vegetales autóctonos de México-, gran dibujante y fino pintor que realizó obras que tienen perfección en todo y su colorido de tonos dorados da cierta teatralidad romántica al paisaje, que se vuelve simbólico -"la tierra del águila y la serpiente"- y formidable. La obra de Velasco introdujo a México por entero en el panorama de la pintura y sólo se le hará justicia cuando se le compare con la de los grandes maestros europeos de la época -Corot, Théodore Rousseau, Coubert, ...- que practicaron la pintura de paisaje. Velasco es el tema central y más importante de la época romántica.

La Academia de San Carlos produjo esculturas de calidad. El maestro fue el español Manuel Vilar -autor de la estatua de Colón de la Plaza de Buenavista, de la estatua de Tlahuicole, del MUNAL- que dejó muchos discípulos como Felipe Sojo y Martín Soriano. Pero la obra maestra de la escultura académica es Cuauhtemoc (1887) de Miguel Noreña, en el Paseo de la Reforma. A fines de siglo empezó a destacar un discípulo suyo, Jesús F. Contreras, quien vino a ser la última figura interesante de la escuela y cuyo romanticismo se agudiza. Son suyas dos estatuas de mármol que hoy día se encuentran en la Alameda Central: Desespoir y Malgré-tout.

Puede decirse que la escultura del siglo XIX se mantuvo con dignidad en un elevado nivel y dentro del clasicismo, salvo al final, con Contreras, quien tiende ya a cierto expresionismo con Malgré-tout. Los temas clasicistas son históricos; los más personales de Contreras son expresión de estados de ánimo existenciales; sorprenden los títulos en francés, pero es que el gusto y las influencias francesas se imponían a fin de siglo.

De mediados del siglo XIX, los arquitectos más notables son Lorenzo de la Hidalga -cuya única obra que existe es la cúpula de la iglesia de Santa Teresa la Antigua, en la ciudad de México, pero que fue el autor del para muchos mejor edificio neoclásico de México: el desaparecido Teatro de Santa Anna, Teatro Imperial o Teatro Nacional (1844-1902), que fue el antecedente del actual Teatro de Bellas Artes- y el maestro italiano Javier Cavallari, autor del edificio de la Academia.

El siglo XIX no produjo muchas ni importantes obras arquitectónicas, debido a la inestabilidad política, y no fue sino hasta las últimas décadas del siglo y la primera década del siglo XX cuando se emprendieron construcciones de calidad, algunas tan grandiosas como el Palacio Legislativo -cuyo único vestigio se adaptó para ser el Monumento a la Revolución-, el Edificio Central de Correos -obra de Silvio Contri-, el edificio de la Secretaría de

Comunicaciones -obra de Adamo Boari-, y el Nuevo Teatro Nacional, ahora llamado Palacio de Bellas Artes, que por muchos conceptos es una obra muy interesante y que constituye la de mayor importancia dentro del movimiento que se llamó Art-Nouveau. Este último edificio alberga una de las primeras cimentaciones profundas que se hicieron en la ciudad de México.

Durante el siglo XIX la arquitectura sufrió muchos estragos, sobre todo en las ciudades de provincia, pues se derribaron o modificaron buenas construcciones barrocas para levantar nuevas obras, anodinas e insípidas. Al fin del siglo empezaron a surgir del arcón de la historia los diversos "estilos", el neogótico y un débil neocolonial.

En conjunto, las corrientes del siglo XIX fueron académicas y clasicistas en un principio, pero ya sin la fuerza del neoclásico; después fue L'Ecole des Beaux Arts la que dominó el postrero romanticismo, cuando apareció el Art-Nouveau y algunos intentos de neomexicanismos.

El arte del "modernismo", como se llamó en México a las corrientes que significaban una renovación, puede agrupar variadas, novedosas y valiosas expresiones. Cronológicamente corresponde a las dos primeras décadas del siglo XX, pero desde un punto de vista histórico, pertenece al final de un período y al principio de otro. No casualmente en la segunda década estalla la Revolución Mexicana.

Dentro del horizonte pictórico cabe destacar la presencia de cuatro colosos del arte mexicano: Julio Ruelas, que si por una parte es el último romántico, por otra se adelanta a muchas actitudes y conceptos posteriores, por su expresión simbólica y por su preocupación por la existencia humana y su drama; Saturnino Herrán, artista de fina sensibilidad que representa el concepto mexicano del "sintetismo" francés, cuyo máximo representante fue Gauguin; Joaquín Clausell, que modificó los conceptos tradicionales de la pintura de paisaje y fue el iniciador del "impresionismo" en México; y, finalmente, Gerardo Murillo, el Doctor Atl, que dentro del "sintetismo" crea geniales cuadros de paisaje.

Con Saturnino Herrán ya no se trata de representar fielmente a la naturaleza y a los objetos, no se trata de la pintura académica y de la belleza clásica, ahora se trata de expresar la realidad con un sentido poético, claramente subjetivo y de una manera sintética, es decir, aboliendo el detalle y simplificando todo, para dar realce al carácter. El nuevo concepto consistía en la "expresión infiel de la naturaleza" para alcanzar la mayor verdad de la visión del artista. Por "poesía" debe entenderse creación, la que se expresa libremente respecto al modelo. La tradición "representa"; el arte moderno "expresa". Es en la diferencia de esos conceptos en donde

se encuentra el cambio del arte tradicional, representativo y naturalista, al arte moderno, expresivo y humanista, que tiene su pleno florecimiento en el siglo XX.

El "impresionismo" había sido la novedad en el último cuarto del siglo XIX. Consistió de un concepto distinto del tradicional; en vez de reproducir objetos se trataba de pintar la luz que crea el fenómeno, para eso fue también necesario el empleo de una nueva técnica, de pequeñas manchas o pinceladas de color que a distancia daban la impresión de la realidad. El resultado fue excelente, las telas lucían luminosidades como nunca antes se habían visto en la pintura y el paisaje, las costumbres y la vida cotidiana fueron los temas importantes. El impresionismo provocó muchas discusiones pues el público y aún ciertos críticos veían las formas borrosas y no les gustaban, sin percibir que era el conjunto, el ambiente creado por la luz, lo maravilloso; tampoco les gustaban los temas de la vida cotidiana, porque estaban acostumbrados a los tradicionales. Ahora todo era pintable, antes no, sólo ciertos temas y en cierta forma; ahora los retratos son de un señor o de una señora o de ambos juntos, sin importancia; antes los retratados eran solamente ciertos personajes. Fue un cambio radical, la democracia en el tema y la luz como actor principal. Hay que recordar dos frases célebres: "que el aire de los cuadros no es el aire respirable, porque se trata de arte y no de naturaleza"; "así era la naturaleza vista a través de un temperamento, es decir, vista y recreada por el hombre y no por la naturaleza misma".

Clausell al pintar a la manera impresionista el paisaje mexicano creó una nueva visión, justamente porque ya era otra época. El "impresionismo" de Clausell tiene un carácter muy personal y es diferente de las obras europeas, es más vigoroso en todo y su color más contrastado.

Por otra parte el Doctor Atl crea una visión moderna del paisaje mexicano. Vivió temporadas enteras en las cumbres heladas de los volcanes y desde las alturas de los montes dió nuevas interpretaciones del Valle de México. Inventó unos materiales, los "Atl-colors" y utilizó con buen éxito la perspectiva curvilínea concebida por Luis G. Serrano; aún más, en los últimos tiempos voló en avión sobre sus amados volcanes y ejecutó cuadros desde lugares nunca antes vistos; se tituló al nuevo género "aeropintura". Vió nacer al Parícutín y lo pintó en una serie de cuadros.

Finalmente no se puede concebir el siglo XIX sin la presencia del más grande grabador mexicano: José Guadalupe Posadas, quién con sus calaveras y su personaje "Don Chepito" satirizó la sociedad de su tiempo y se constituyó en el exponente cumbre del llamado "expresionismo" y "arte fantástico".

MEXICO INDEPENDIENTE.EL ARTE DEL SIGLO XX

El arte mexicano del siglo XX, especialmente la pintura mural, está estrechamente ligado espiritual e ideológicamente a la Revolución Mexicana; mas en verdad supera el nacionalismo y es universal. Por una conciencia aguda y un malestar físico, México se sintió oprimido desde fines del siglo XIX no obstante que la "paz porfiriana" culminaba en las brillantes fiestas del Centenario de la Independencia, en 1910. Al año siguiente estalló la lucha que duró prácticamente diez años, si bien en 1917 la nueva Constitución consagraba los ideales. No se trataba sólo de un movimiento político para deshacerse de un régimen que se había prolongado más de lo necesario y conveniente, sino de una nueva conciencia, de una nueva visión de la vida y de la cultura que abarcaba todos los aspectos de la existencia. Fue un movimiento renovador, genuino y profundo que se anticipó a todos los semejantes que brotarían después en otros países. En la política, la economía, la filosofía, la historia y el arte, los nuevos ideales y sentimientos agitaban las conciencias pugnando por un nuevo orden y nuevas expresiones de todo, México volvió sobre sí mismo y descubrió la riqueza y posibilidades de su propio ser, por eso la Revolución y el arte tuvieron acentos mexicanistas y populares que se han prolongado a lo largo del siglo. Pero los ideales se trascendían a sí mismos y, en última instancia eran de un carácter humanista y por lo tanto universales. En ninguna parte se encontrará todo esto mejor expresado que en la pintura mural contemporánea. Estudiarla y comprenderla es acercarse a los problemas espirituales, sociales, políticos, filosóficos e históricos contemporáneos, nacionales y universales.

Desde el siglo XVIII existieron anhelos de revivir el arte monumental. Tiepolo, Mengs, David, Goya y otros lo intentaron en Europa y Ximeno en México. Lo más original e importante que se produjo fueron las pinturas de Goya en la capilla de San Antonio de la Florida, en las afueras de Madrid. En el siglo XIX Delacroix, Ingres y otros insistieron en la pintura mural pero sin lograr renovarla. En México, a lo largo de todo el siglo XIX existió, especialmente en la conciencia crítica el deseo de revivir ese gran arte, pero los intentos de Cordero y de Clavé no fueron suficientes. La pintura mural aparece en la historia en épocas de grandes cambios y de conmociones espirituales, es decir cuando hay algo nuevo y profundo que expresar, como en el Renacimiento; más tarde en el neoclasicismo hubo un brote brillante pero pasajero. Así puede decirse que cuando apareció la pintura mural en México, en 1922, hacía mucho tiempo que este género había desaparecido.

La Revolución Mexicana vino a coincidir con importantes renovaciones en el arte; los nuevos conceptos permitían una libertad de expresión, respecto del tradicional arte representativo y naturalista, capaz de dar nuevas visiones de la belleza y de la historia allende los cánones clásicos. México había deseado largamente expresar su historia en el arte y en ese momento las circunstancias eran propicias: existía libertad, se propugnaba por los nuevos ideales y surgieron artistas de gran talla en el momento oportuno. El resultado de tres o cuatro décadas de esfuerzo creador está patente en las obras realizadas, que son las más importantes contribuciones de México a la cultura universal del siglo XX, si no es que las mayores de la historia.

Orozco llevaría a sus últimas consecuencias un nihilismo trascendente; Siqueiros, la militancia política y la inconformidad en las rutinas teóricas y prácticas; Rivera, la conjugación de todo el pasado y de todo el futuro en un presente indubitable, sólido como la piedra, conjugación impugnada de sublime piedad herética. Y todos ellos, junto a muchos otros, lograrían al fin subir a los andamios para derramar por los muros de los edificios públicos un arte humanista, antiaristocrático y definitivamente sociológico.

Ahora bien: ¿cuál es la trascendencia histórica del muralismo mexicano?

En todos los períodos florecientes del arte, a través de la historia entera de las sociedades, la plástica fue INTEGRAL. Lo fue en China, en Egipto, en Grecia, en Roma, en la Edad Media Cristiana, en el mundo árabe, en el pre-Renacimiento, en el Renacimiento, en la India, en la América Prehispánica y aún en la América Colonial. Fue para decirlo más claramente, una expresión plástica simultánea de arquitectura, escultura, pintura, policromía, ...; fue PLÁSTICA UNITARIA.

Tal unidad plástica se debió, fundamentalmente, a su funcionalidad igualmente integral: funcionalidad por apego a las particularidades climatológicas, a las características del suelo y del subsuelo, a la técnica, a los materiales, a las herramientas, específica e históricamente correspondientes. Y, asimismo por apego como objetivo final, fue fiel a su cometido social-estático de la época.

El mundo plástico contemporáneo -antesala histórica de un nuevo Renacimiento- concibió una pintura y arquitectura nuevas, pero sin lograr alcanzar un punto de coincidencia entre ambas dado el carácter incompleto e intrascendente de sus concepciones, sociales y estéticas, sobre FUNCIONALIDAD.

El movimiento muralista mexicano, que partió de un propósito funcional político, constituye una excepción dentro del arte moderno internacional. De ahí su enorme trascendencia histórica.

La reflexión sobre las tradiciones mexicanas hizo que los artistas se encontraran con la persistente corriente del grabado y la litografía, especialmente con aquella de corte popular y dentro de ella con la figura extraordinaria de José Guadalupe Posada. Por otra parte Jean Charlot había estado en contacto, en Europa, con la renovación del grabado, especialmente del grabado de madera en hilo que venía efectuándose tanto en Francia como en Alemania en las dos primeras décadas del siglo, y entusiasmó a varios artistas mexicanos sobre las técnicas de impresión. La unión de estas dos fuentes tan diferentes: la popular mexicana y la moderna europea, trajo la aparición del moderno grabado mexicano, con el propio Charlot, Francisco Díaz de León, Gabriel Fernández Lezama y más tarde el gran Leopoldo Méndez. El movimiento culminó con la creación del Taller de la Gráfica Popular.

Un país que en más de un aspecto se hacía nuevo requería de una nueva faz, esto es de una nueva arquitectura. Los finales del régimen de Díaz habían sido de una intensa actividad constructiva, pública y privada; los años de la guerra, entre 1910 y 1921, en cambio sólo habían dado lugar a la construcción privada en las ciudades cuya población por efecto mismo de la lucha había crecido. El nacionalismo que se hacía presente en toda la cultura mexicana se hizo ver fuertemente en la arquitectura (que en esto continuaba y extendía los planteamientos teóricos pre-revolucionarios). Tuvo importancia una arquitectura neo-indígena, pero por su mayor adaptabilidad a las necesidades del momento se prefirió una arquitectura neocolonial. Esa fue la que apoyó Vasconcelos desde la Secretaría de Educación Pública para las escuelas y bibliotecas.

Pero frente a ese nacionalismo historicista se levantó, especialmente en el ámbito de la construcción pública, una oposición que tenía un doble origen. Por una parte llegaron a México las influencias de la gran renovación arquitectónica que estaba teniendo lugar (aunque en escala limitada) en Europa; esto en dos maneras, por vía del estilo art-déco (de la Escuela de Artes Decorativas de París), que abandonaba el lenguaje formal e historicista para substituir las plantas por otras más racionalmente acordes a las necesidades de servicios modernos, y la decoración por una que recogía las enseñanzas de los cambios artísticos del siglo; esto por vía del racionalismo más estricto y el abandono de toda decoración que proponía el arquitecto suizo-francés Le Corbusier. Por otra parte, un país empobrecido después de la lucha revolucionaria y simultáneamente volcado a resolver las necesidades de la población como escuelas, hospitales y habitación, debía encontrar soluciones que permitieran construcciones rápidas y a bajo costo.

José Villagrán desde 1924 y, en los años inmediatos posteriores,

Juan Segura, Carlos Obregón Santacilia y los entonces jovencísimos Juan O'Gorman, Juan Legarreta Y Alvaro Aburto iniciaron la renovación de la arquitectura mexicana. En los primeros prevaleció la idea de la modernidad en un sentido artístico; en los segundos contaba principalmente la renovación por medio de la resolución de los problemas sociales por vía de la arquitectura. O'Gorman se convirtió en el seguidor de Le Corbusier, pero dió a sus teorías un sentido social mucho más pronunciado. Unas célebres y polémicas conferencias en 1933, entre los arquitectos historicistas y los renovadores, permitía ya ver quienes llevaban la ventaja. El hecho es que el funcionalismo racionalista se impuso en esos años en las construcciones públicas, tanto por lo que tenía de moderno como por lo que tenía de adecuado a las necesidades del país.

La escultura, por su parte, seguía de cerca los dictados teóricos de la pintura monumental. Es decir, pretendió ser escultura nacionalista y exaltadora de los valores populares. Pero sus logros estuvieron lejos de lo alcanzado por la pintura mural. El país empobrecido no podía permitirse el encargo de esculturas costosas y el medio mismo de la escultura no resultó muy propicio para la crítica y la expresión individual. Los escultores no tuvieron sentido de experimentación ni la pasión de búsqueda de nuevas soluciones que animó a sus colegas pintores. Hubo también entre los escultores disidencias o contracorrientes, encabezadas por aquéllos que estaban al tanto de los grandes cambios que se estaban llevando a cabo en Europa: pero estos escultores como Germán Cueto o Luis Ortíz Monasterio, nunca tuvieron apoyo oficial.

Tuvo que llegarse a los años cincuentas para que la renovación general que entonces tuvo el ambiente artístico alcanzara la escultura. En los años setentas se desarrolla en México con particular empuje lo que se ha llamado "escultura urbana", destinada a crear nuevas señales en la ciudad y el paisaje con obras de grandes dimensiones entre las que destacan las tempranas Torres de Satélite, de Barragan-Goeritz, y el Espacio Escultórico de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Una tradición de fotografía artesanal de muy alta calidad existía en México desde el siglo pasado. Pero se conmueve en los años veintes con la presencia del fotógrafo estadounidense Edward Weston. De ese encuentro surgen fotógrafos de la talla de Manuel Alvarez Bravo y Gabriel Figueroa, en el cine, que son la contrapartida de la pintura de escuela mexicana. A ellos seguiría una generación posterior de sus discípulos, entre los que destacan Nacho López y Hector García. A partir de los años setentas la fotografía empieza a tener un desarrollo inusitado en México, tanto por la aparición de

muchos nuevos fotógrafos de talento, como por la variedad de posturas frente al fenómeno fotográfico.

A partir de los directores de los años treinta, como Fernando de Fuentes y de la presencia en México de Sergei Eiseinstein, el cine mexicano desarrolla un nacionalismo peculiar y un lenguaje específico -a menudo melodramático- para referirse a la realidad nacional. A partir de la década de los cuarenta, a partir de la Segunda Guerra Mundial, el cine mexicano alcanza su auge y obtiene un gran éxito en el mercado nacional y latinoamericano. A su capacidad industrial y a la existencia de un lenguaje definido, se suma la presencia de grandes y características personalidades, como actrices y actores. Al margen trabaja Luis Buñuel su personalísima obra cinematográfica, cuyo reconocimiento vendría a ser posterior, antes de que el cine nacional cayera en una larga crisis; en ella, la presencia de una generación última de cineastas, que hicieron sus obras en el cine marginal, permite suponer un mejor futuro.

#### EL GRAN CAMBIO DE LOS AÑOS CINCUENTAS.

Desde los principios de los años veinte la cultura mexicana había tenido como línea dominante el nacionalismo. Pero en el curso de tres décadas ese nacionalismo fresco, novedoso y revolucionario en sus principios había ido modificándose. Por una parte se había "oficializado", es decir, había sido tomado por el organismo político como bandera conveniente; en consecuencia perdía el contenido crítico que le había sido característico. Además la política del Gobierno también se había modificado grandemente durante esas décadas. Por otra parte, una especie de regodeo en el éxito había alejado a los pintores de un deseo sostenido de experimentación.

Esas circunstancias, sumadas al mayor aislamiento de la Segunda Guerra Mundial, impuso a la cultura mexicana un carácter hermético y cerrado. El arte no era ajeno a aquéllo, sino que -quizás más que otras ramas de la cultura- participaba plenamente de ese nacionalismo impermeable. En los años cincuenta para muchos jóvenes la situación era inconveniente, tanto para su desarrollo personal como artistas como para el arte mexicano.

Desde mucho antes, Rufino Tamayo se había mostrado inconforme con un ambiente que sentía opresivo y había salido especialmente a Nueva York, donde su arte, lleno de posibilidades magníficas había encontrado nuevas formas de desarrollo y una gran aceptación. Tamayo pudo realizar un arte eminentemente nacionalista pero que no desdeña, sino incluye, buena parte de la enseñanza europea de este siglo. Ajeno a las preocupaciones políticas de tan-

tos pintores en aquellos años. Su asimilación de otras maneras expresivas y el refinamiento que pudo ir logrando en su quehacer pictórico le permitieron alcanzar una profundidad en su reflexión sobre lo mexicano, que contrasta con la superficialidad pintoresca de no pocos seguidores de la "nueva escuela Mexicana". El regreso de Tamayo a México, en los años cincuentas, resultó un gran estímulo para los jóvenes rebeldes. También por esos años regresaba, después de una estancia en Roma, Juan Soriano. Por su parte Carlos Mérida había desarrollado su pintura geometrizable al margen de la corriente favorecida por el medio oficial. Todas estas circunstancias coincidieron favorablemente para hacer posible el gran cambio del panorama del arte mexicano: la aparición de la nueva pintura mexicana.

Los jóvenes no estaban dispuestos a seguir aislados, querían tener el derecho de desarrollar libremente sus personalidades artísticas. Después de la época de la "cerrazón" tocaba el tiempo de la "apertura". La presencia en México de inmigrantes europeos llegados durante o después de la guerra, como Wolfgang Paalen, Alice Rahon, Leonora Carrington y Mathias Goeritz influyó en su deseo de conocer lo que pasaba en otras partes. Así muchos de los jóvenes viajaron a Europa y a los Estados Unidos.

Algunos un poco mayores, como Pedro Coronel, tomaban su punto de partida en la escuela mexicana, pero la llevan hacia rumbos insospechados; también de una generación anterior, Gunther Gerzso partía del surrealismo de Paalen. Los otros encontraron muy diversas fuentes de donde partir para crear un arte sin límites nacionales. Manuel Felguérez, Lilia Carrillo, Alberto Girónella, Vicente Rojo y José Luis Cuevas son algunos de los jóvenes rebeldes de ese momento. Los unía el deseo de alejarse del nacionalismo cerrado, pero la obra de cada uno es particular y diversa.

Por otra parte la arquitectura funcionalista en sentido estricto empieza a hacer crisis en los años cuarentas. En ese momento de exaltado nacionalismo, es sentido frío y desarraigado de sus formas no resultaba satisfactorio. La preocupación nacionalista llevó entonces a los arquitectos a lo que se llamó la "integración plástica", es decir a la incorporación de elementos pictóricos o escultóricos a la arquitectura, con la utilización de materiales locales. La Ciudad Universitaria (1949-1954) es la mayor expresión de esa tendencia, de las que son secuelas la Secretaría de Comunicaciones y el Centro Médico. Después se abandonaría también esa actitud para buscar el internacionalismo; sólo en últimas fechas se siente un intento de soluciones individuales, no explícitamente nacionalistas, pero tampoco réplicas simples de la arquitectura que se realiza en todo el mundo.

En los años más recientes, puede decirse que el arte mexicano no mantiene

tiene una actitud que pueda llamarse propia. Pese a todas las rebeldías y a todos los cambios que se han sucedido, es posible reencontrar una tradición mantenida, que da a México en el campo de las artes, un rostro reconocible e individual. Pero es indudable que ese arte está también atento a lo que sucede en otras partes del mundo y es más acorde al ritmo de su época de lo que era antes de los años cincuentas, en el momento del nacionalismo exaltado.

## CONCLUSIONES.

Al realizar un recuento de los logros y de las experiencias alcanzadas mediante la redacción de la presente tesis se hace evidente lo siguiente:

A) No existe mas que un solo Universo y la clasificación que se hace del conocimiento en varias ramas es arbitraria y tiene por objeto exclusivamente facilitar su comprensión y estudio.

B) El profesionista químico está capacitado para comprender toda manifestación cultural.

C) El profesionista químico está obligado a poner sus conocimientos al servicio de todas las ramas de la actividad humana y especialmente de aquellas que tengan una amplia trascendencia social, como pudiera ser el caso del arte y de la preservación del patrimonio cultural de México y de la humanidad.

D) México es un país con una trascendencia histórica y cultural enorme y la historia de la humanidad está incompleta si no se considera en un primer plano a nuestro país.

E) El pueblo mexicano es uno de los más ricos del mundo en cuanto a manifestaciones culturales se refiere. Rescatar y asimilar cada una de esas manifestaciones es encontrarnos con nosotros mismos y consolidar nuestra identidad nacional.

## BIBLIOGRAFIA.

DEBIDO A QUE SE CONSULTARON UNA GRAN CANTIDAD DE LIBROS, REVISTAS Y ENCICLOPEDIAS SE PROCEDERA A ORDENAR LA BIBLIOGRAFIA POR CAPITULOS.

CAPITULO I. PRINCIPALES RAMAS DEL ARTE Y RAMAS ESCOGIDAS.

-DICCIONARIO ENCICLOPEDICO U.T.E.H.A., "BELLAS ARTES", 245-246,  
UNION TIPOGRAFICA EDITORIAL HISPANO AMERICANA, 1<sup>a</sup> ED., 1953. VOL II.

CAPITULO II. ALGUNOS ASPECTOS QUIMICOS Y FISICOS RELACIONADOS CON EL ARTE.

-F. WEISSKOPF VICTOR, "HOW LIGHT INTERACTS WITH MATTER", SCIENTIFIC AMERICAN, SEPTEMBER 1968, 60-71

-FELIX ESTRADA A., J. OYARZABAL ORUETA, M. VELASCO HERNANDEZ, LECCIONES DE FISICA, 423-483 COMPANIA CONTINENTAL, S.A., MEXICO, 1972.

-S. DANA EDWARD, WILLIAM E. FORD, MANUAL OF MINERALOGY, 376-388, JOHN WILEY & SONS, INC., 15<sup>ava</sup> ED, HARVARD, 1947.

CAPITULO III. LOS LABORATORIOS Y CENTROS DE INVESTIGACION.

-FITZ MAURICE MILLS J., LOS CONSERVADORES DE LAS OBRAS DE ARTE, CENTRO DE INFORMACION PARA MEDICOS, ESPAÑA, 1977, 23-45.

CAPITULO IV. APLICACIONES DE LAS TECNICAS DE LABORATORIO.

-FITZ MAURICE MILLS J., LOS CONSERVADORES DE LAS OBRAS DE ARTE, 6-22, 46-95, CENTRO DE INFORMACION PARA MEDICOS, ESPAÑA, 1977

CAPITULO V. PARTICULARIDADES DE LAS RAMAS ESCOGIDAS

-LOZANO FUENTES J.M., HISTORIA DEL ARTE, 13-32, COMPANIA EDITORIAL CONTINENTAL, S.A., MEXICO, 1976.

-ENCICLOPEDIA DE LAS BELLAS ARTES, VOL. I, 98-146, VOL. II, 270-313, EDITORIAL CUMBRE S.A., MEXICO, 1984 .

CAPITULO VI. PAMORAMA NACIONAL.

-ROMERO DE TERREROS M., EL ARTE EN MEXICO DURANTE EL VIRREINATO, 9-138, EDITORIAL PORRUA, S.A., MEXICO, 1980.

-FERNANDEZ JUSTINO, ARTE MEXICANO DE SUS ORIGENES A NUESTROS DIAS, 7-187, EDITORIAL PORRUA, S.A., 5<sup>a</sup> ED., MEXICO, 1980.

FERNANDEZ JUSTINO, OROZCO FORMA E IDEA, 154-197, EDITORIAL PORRUA, S.A., 154-197, 2<sup>a</sup> ED, MEXICO, 1975.

- TOUSSAINT MANUEL, PINTURA COLONIAL DE MEXICO, 1-217, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO, DIRECCION GENERAL DE PUBLICACIONES, 2<sup>a</sup> ED, MEXICO, 1982.
- TOUSSAINT MANUEL, PASEOS COLONIALES, 1-158, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO, DIRECCION GENERAL DE PUBLICACIONES, 3<sup>a</sup> ED, MEXICO, 1982.
- ALFARO SIQUEIROS DAVID, COMO SE PINTA UN MURAL, EDICIONES TALLER SIQUEIROS VENUS Y SOL, 3<sup>a</sup> ED, MEXICO, 1979.
- MOYSEN XAVIER, DIEGO RIVERA, 2-28, MUSEO RUFINO TAMAYO A.C., MEXICO, 1983.
- EL PALACIO DE BELLAS ARTES, ARTES DE MEXICO, I.N.B.A., MEXICO, 1976.
- EL ARTE EN EL COMERCIO CON ASIA, ARTES DE MEXICO, I.N.B.A., MEXICO, 1976.
- EL MAQUE Y LAS LACAS DE MICHOACAN, GUERRERO Y CHIAPAS, ARTES DE MEXICO, I.N.B.A., MEXICO, 1972.
- TESOROS DE MEXICO-ARTES PLUMARIA Y DEL MOSAICO, ARTES DE MEXICO, I.N.B.A., MEXICO, 1960.
- EL GALEON DE MANILA, ARTES DE MEXICO, I.N.B.A., MEXICO, 1971.
- VELARDE H., HISTORIA DE LA ARQUITECTURA, FONDO DE CULTURA ECONOMICA, MEXICO, 1981.
- TIBOL RAQUEL, HISTORIA GENERAL DEL ARTE MEXICANO, EPOCA PREHISPANICA, TOMO I Y TOMO II, EDITORIAL HERMES, MEXICO, 1981.
- ROJAS PEDRO, HISTORIA GENERAL DEL ARTE MEXICANO, EPOCA COLONIAL, TOMO III Y TOMO IV, EDITORIAL HERMES, 1981.
- TIBOL RAQUEL, HISTORIA GENERAL DEL ARTE MEXICANO, EPOCA MODERNA Y CONTEMPORANEA, TOMO V Y TOMO VI, EDITORIAL HERMES, 1981.
- MARIN DE PAALLEN ISABEL, HISTORIA GENERAL DEL ARTE MEXICANO, ETNO-ARTESANIAS Y ARTE POPULAR, TOMO I Y TOMO II, ED. HERMES, 1981.
- CARRILLO A. RAFAEL, EL ARTE BARROCO EN MEXICO, EDITORIAL PANORAMA, MEXICO, 1982.

HASTA AQUI SE HAN PRESENTADO LAS PRINCIPALES REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS, PERO ADEMAS DE LAS ANTERIORES SE CONSULTARON UNA GRAN CANTIDAD DE ARTICULOS EN ENCICLOPEDIAS, LAS CUALES SE CITAN INDICANDO PARA QUE CAPITULO SE UTILIZARON:

- THE NEW ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA IN 30 VOLUMENES, ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA INC, WILLIAM BENTON PUBLISHER, 15<sup>ava</sup> ED., SAN FRANCISCO, 1974
- CAPITULO I:
- "ARTS, CLASSIFICATION OF THE", 81-88, VOL 2.

- "ARTS, FRAUDULENCE IN THE", 89-93, VOL 2.
- "ARTS, PRACTICE AND PROFESSION OF THE", 93-98, VOL 2.

CAPITULO II:

- "LIMESTONES AND DOLOMITES" 979-985, VOL 10
- "SANDSTONES", 212-216, VOL 16.
- "COLORATION, BIOLOGICAL", 911-929, VOL 4.

CAPITULO III:

- "DATING, RELATIVE AND ABSOLUTE", 496-513, VOL 5.

CAPITULO IV:

- "TEXTILE INDUSTRY", 170-189, VOL 18.
- "ART CONSERVATION AND RESTORATION", 56-64, VOL 2.

CAPITULO V:

- "GLASS, HISTORY", 181-196, VOL 8.
- "GLASS PRODUCTS AND PRODUCTION", 196-207, VOL 8.
- "STAINED GLASS", 566-576, VOL. 17.
- "GLASSY STATE", 207-212, VOL 8.
- "MOSAIC", 462-474, VOL 12.
- "JEWELRY", 164-184, VOL 10.
- "METALWORK", 1092-119, VOL 11.
- "FURNITURE AND ACCESORY FURNISHING, 781-798, VOL 7.
- "FOLK VISUAL ARTS", 345-368, VOL 7.
- "SCULPTURE, ART OF", 421-437, VOL 16.
- "ARCHITECTURE", 1088-1115, VOL 1.
- "POTTERY", 892-931, VOL 14.
- "RUGS AND CARPETS", 10-24, VOL 16.
- "TAPESTRY", 1051-1067, VOL 18.
- "PAINTING, ART OF", 869-886, VOL 13.
- "PAINTS, VARNISHES AND ALLIED PRODUCTS", 886-892, VOL 13.

TAMBIEN SE CONSULTARON LAS SIGUIENTES OBRAS:

- THE MCGRAW-HILL ENCYCLOPAEDIA OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, MCGRAW-HILL INC., SAN FRANCISCO, 1971.
- ENCICLOPEDIA HOMBRE, CIENCIA Y TECNOLOGIA, EDICIONES DANAE, S.A., MEXICO, 1980.
- HISTORIA DEL ARTE MEXICANO, 12 VOL, SEP, INBA, SALVAT, MEXICO, 1983