

29.6



Universidad Nacional Autónoma
de México

FACULTAD DE QUIMICA

IDENTIFICACION DE PIGMENTOS ROJOS
SOBRE UN OLEO DE TELA MEXICANO DEL
SIGLO XIX - XX



T E S I S EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

Que para obtener el Título de:

Q U I M I C O

p r e s e n t a:

LAURA VIOLETA GOVEA TINOCO



1986



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.

I N D I C E

	pág.
Capítulo I. Introducción.....	1
Capítulo II. Generalidades.....	3
1. Antecedentes Históricos.....	3
2. La Ciencia como medio de ayuda en el arte.....	7
3. Definiciones Generales sobre los Constituyentes de un Oleo	9
Capítulo III. Parte Experimental y Resultados.....	13
1. Observación Macroscópica	14
2. Observación Microscópica.....	17
3. Procesos de Separación de los Diferentes Componentes (Orgánicos e Inorgánicos).....	18
3.1 Extracción Discontinua.....	18
3.2 Extracción Continua.....	18
3.3 Oxidación de un Aceite.....	21
4. Difracción de Rayos—X.....	26
5. Fluorescencia.....	34
Capítulo IV. Discusión.....	37
Capítulo V. Resúmen.....	43
Capítulo VI. Conclusiones.....	44
Capítulo VII. Apéndice.....	45
Capítulo VIII. Bibliografía.....	46

IDENTIFICACION DE PIGMENTOS ROJOS SOBRE UN OLEO
DE TELA MEXICANO DEL SIGLO XIX-XX

Capítulo I

Introducción

Desde la remota antigüedad hasta nuestros días, nuestro país se ha caracterizado por las artes que se han desarrollado a lo largo de sus tres grandes periodos históricos: indígena, virreinal y moderno, legándonos una gran cantidad y variedad de objetos de arte en todos los campos, como en cerámica, escultura, pintura, etc., los cuales, debido a los agentes físicos, químicos y microbiológicos, envejecen y se deterioran, siendo necesario prevenir esas alteraciones o degradaciones, utilizando las sustancias adecuadas para su restauración, sin embargo, se carece de la información precisa sobre los componentes químicos que forman nuestro patrimonio cultural.

El único lugar en toda la República Mexicana que se encarga de la preservación de nuestros bienes nacionales, es la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía del Exconvento de Churubusco (INAH-SEP), la cual se encuentra asociada con el Centro Latinoamericano de Estudios para la Conservación de los Bienes Culturales, UNESCO, utilizando técnicas extranjeras que han sido empleadas en Europa y Estados Unidos desde hace varios años, como la Prueba Cualitativa de la Gota, resultando en la actualidad obsoleta y con falta de precisión. Por ello, es necesario iniciar una investigación seria y metódica utilizando nuestros propios métodos físicos y analíticos apropiados para el análisis e identificación de los componentes químicos, para que de esta manera se pueda ayudar a la conservación de objetos de arte que componen nuestro patrimonio, además estas investigaciones pueden aportar no sólo a situar a la

obra dentro de un tiempo y espacio, sino de ayudar a la confirmación de la autenticidad de la obra artística e inclusive puede ser determinante para adscribirla a una determinada escuela o artista.

En el presente trabajo, se realizó la separación e identificación de los componentes químicos correspondientes a un trozo de óleo sobre tela mexicano, catalogado de finales del siglo XIX y principios del XX, utilizándose técnicas y métodos de microscopía óptica, extracciones continuas con diferentes disolventes, infrarrojo, fluorescencia y difracción de rayos-X, obteniéndose una gran precisión en los resultados. Los pigmentos rojos -- fueron cinabrio* y minio*, acompañados por crocoita*, hidrocerusita*, oro metálico*, calcita*, probablemente aceite de linaza* y el lienzo de lino, -- los cuales fueron comúnmente empleados en el periodo virreinal, de modo -- que la catalogación correcta del trozo de óleo es de finales del siglo --- XVII hasta el tercer cuarto del XVIII.

* Véase el apéndice.

Capítulo II

Generalidades

1. Antecedentes Históricos.

Desde los tiempos más antiguos hasta la actualidad, nuestro país se ha destacado por las artes que han florecido en el trayecto de sus tres grandes periodos: indígena, virreinal y moderno.

El largo período indígena que termina con el advenimiento de la conquista española, abarca todas las culturas originarias del país y ha sido llamado "México Antiguo", quedando en él incluidas artes muy variadas: arcaica, olmeca, teotihuacana, tolteca, maya, mixteca, zapoteca y azteca, conociéndose ya desde esos tiempos la pintura al fresco y al temple.

La conquista española hizo posible la llegada de la cultura occidental al país. Los signos cambiaron, los frailes misioneros se dedicaron a la evangelización de los indios; los conquistadores se volvieron colonos y surgió una nueva y gran nación, el Virreinato de la Nueva España, cuya existencia de tres siglos (principios del XVI a principios del XIX), nos legó una serie de obras de arte, en todos los campos, que son orgullo de nuestro presente (22,24).

En el período del Renacimiento, en Europa surge una técnica revolucionaria que se impondría poco a poco sobre todas las demás (temple, fresco y encaústica) por sus particulares características, la pintura al óleo, basada en el simple empleo del aceite como aglutinante primordial, aunque ya desde la Edad Media venía utilizándose en una técnica, que aún resulta desconocida, tanto en emulsiones con huevo como mezclado a veces con resinas. En el siglo XV era corriente y al parecer de origen diverso: semillas de no-

gal, adormidera y lino (7,23).

La pintura nace en México por la necesidad de decorar los templos y conventos, generalizándose la pintura europea en el país a mediados del siglo XVI. Los indios continuaron su trabajo, pero la abundancia de obras requeridas hacía que la calidad no fuera de primer orden.

La pintura de imágenes y retablos realizada por los pintores españoles o indígenas, estaba supeditada a las autoridades eclesiásticas, de modo que los pintores europeos no se conformaron con este estado de sumisión y solicitaron que se les dieran ordenanzas como a cualquier gremio de artesanos.

Las primeras ordenanzas de pintores y doradores fueron pregonadas en la Ciudad de México el 9 de agosto de 1557, constituyendo un notable documento para la historia del arte en la Nueva España. En ellas se exige que se sepa dibujar desnudo y perspectiva, que se sepan pintar paños y se domine esa decoración que en Europa llamaron grotesca y que en Nueva España recibía el nombre de "pintura de romano".

Las ordenanzas dividen a los pintores en cuatro grupos: pintores de estofado, dorado y encarnado de imágenes; pintores de tabla, lámina y lienzo; pintores de sargas (telas pintadas sin bastidor, que se podían usar como tapices) y frescos.

Las pinturas desarrolladas en esta época (s.XVI), reflejan las manifestaciones del Renacimiento, presentando una mezcla de tres influencias que se dejan sentir: por una parte son flamencas, de figuras alargadas; la influencia italiana que aparece en el colorido rico y en la suavidad general del tono y la de los primitivos españoles.

Estos son los primeros antecedentes de la gran pintura que floreció en la Nueva España en el siglo XVII, alcanzando altos niveles de calidad y algunas de sus obras son dignas de figurar junto a la de los talleres extranjeros (10,24).

En este siglo y en el siguiente, continuó muy divulgada la técnica al óleo, mezclando los pigmentos con aceites secantes, preferentemente con el de linaza o el de nuez. A varios pigmentos solía mezclárseles con barniz y a otros se les agregaba cera para obtener las características requeridas en corporeidad, poder cubriente o transparencia.

Particularmente con los maestros de los últimos años del siglo XVII y primeros del XVIII, se encuentra el clásico proceso de "labrado" y "baños", empleando el verde cardenillo* mezclado con el azul, amarillo, negro y blanco, y en otras ocasiones el uso del carmín (tinte vegetal) para una veladura puesta sobre una preparación a base de bermellón y de tierra roja obscurecida con negro, empleando grandes cantidades de aceite. Estos maestros manejaban gruesas capas de color, pero al correr de los años, en la segunda mitad del siglo XVIII, los colores se usan más y más fluidos hasta llegar apenas a dar una suave pincelada sobre el lienzo formando delgadísimas capas. La mayoría de los colores que parecen verdes, son en realidad azules; los que presentan amarillos oscuros, son ocre; los anaranjado intenso, bermellón; los morenos, negros y amarillo claro más o menos brillante son blancos.

Los pintores de la época colonial, a pesar de que sus obras presentan una gran variedad cromática, se encuentra únicamente el uso de seis colores: bermellón, azul, ocre, tierra roja en sus diversos tonos, ne

* Véase el apéndice.

gros y blancos.

En cuanto a las aplicaciones del oro en la pintura al óleo, se empleaban frecuentemente marcos simulados, a veces con adornos rojos o negros que presentan algunas pinturas sobre lienzo y que tratan de imitar las tablas y molduras del estilo en uso. Por lo común aparecen a fines del siglo XVII particularmente con José Juárez primero y después con los Rodríguez Juárez; continuando sus sucesores, entre ellos Juan y Miguel Correa y se prolongan hasta el tercer cuarto del siglo XVIII a través de Ibarra, Cabrera, Miranda, José de Páez y otros (4).

A pesar de que en el siglo XVIII la pintura se debilitó produjo espléndidos conjuntos de carácter decorativo, como las de Miguel Cabrera y José de Ibarra. Aunque en este siglo la mayor producción pictórica es de tema religioso, hay muestras representativas de la pintura civil: colección de cuadros de "castas", paisajes, telas conmemorativas, retratos y biombos, y el 4 de noviembre de 1781 fue fundada la Academia de las Tres Nobles Artes, dedicada a la enseñanza de la arquitectura, pintura y escultura, pidiendo a España el envío de profesores competentes llegando Manuel Tolsá y Antonio Jimeno y Planes (10).

En los siglos XIX y XX aparecen multitud de colorantes por los avances de la química, que se sustituyen a veces por los tradicionales. Las técnicas son personales de cada artista, que "inventa" y ensaya materias a veces incompatibles desde el punto de vista de su permanencia. Existe un abuso de los aceites secantes, de barnices, esencias, que utilizando técnicas deficientes han sido causa del deterioro actual de muchos cuadros de esta época (7).

2. La Ciencia como medio de ayuda en el arte.

A lo largo de toda la historia de la humanidad, el hombre siempre se ha interesado en los materiales colorantes, siendo en la actualidad nuestro mundo de colores brillantes el resultado del uso de materias sintéticas.

Algunos pigmentos aparecieron en tiempos prehistóricos y se han seguido usando ininterrumpidamente hasta nuestros días. Otros fueron ampliamente usados y luego, por una u otra razón, desaparecieron de la paleta del pintor. Algunos pigmentos se han utilizado en todo el mundo durante varios milenios; otros se emplearon únicamente en un sólo país o en regiones restringidas. El siglo XVIII trajo cambios en la paleta del pintor, en el XIX ocurrió una revolución en los pigmentos y la fabricación de colores afectó al arte.

Hay varias razones por las que los investigadores de laboratorio de museos se han interesado en la identificación de pigmentos sobre objetos antiguos. Una de ellas es la académica, cuyo propósito es la acumulación gradual de datos e información sobre la historia de las materias colorantes. Otras de las razones, son las de ayudar a confirmar estimaciones, hechas en el examen general sobre la edad y la probable procedencia de un objeto, así como el de dar una evidencia en el reconocimiento de la autenticidad de una obra, o bien, de imitaciones. El utilizar técnicas, no sólo para resolver problemas de investigación legal y de conservación, sino también para casos de restauración, pues como es bien sabido, el pintor en los comienzos del siglo XIX se despreocupó de la técnica, interesándose tan sólo en el aspecto puramente estético (11).

Después de la Segunda Guerra Mundial, el deterioro de monumentos hizo posible que varios grupos se fortalecieran en organizaciones, hasta cons--

tituirse en verdaderas instituciones, tanto privadas como oficiales, quienes se han encargado de misiones importantes en investigación, peritaje y avalúo de obras de arte.

Estas instituciones realizan investigaciones no sólo desde el punto de vista artístico o estético-histórico, sino que ya entra la participación de otras disciplinas como la Física, Química y Fisicoquímica.

En los últimos 50 años, se ha informado de gran cantidad de datos sobre la historia de los pigmentos, aunque mucha de la información referente a los pigmentos usados a lo largo de la historia en nuestro país esta dispersa y en ocasiones se encuentra una carencia de antecedentes. Asimismo, se han encontrado trabajos publicados sobre las técnicas para identificar pigmentos, las cuales van desde métodos microscópicos, análisis cualitativos (11), extracción con disolventes en el "Ring Oven" de Weisz dado a conocer en 1954 (17, 25) hasta llegar a las técnicas más modernas de microscopía electrónica, fluorescencia en ultravioleta, visible, difracción de rayos-X y técnicas espectroscópicas (3, 16, 18, 19).

Dado que los pigmentos varían ampliamente en composición química y en propiedades físicas; de orgánicos a inorgánicos, de metales a minerales, de transparentes a opacos, de amorfos a cristalinos; el resultado neto de esta gran diversidad de pigmentos, indica que no hay una técnica analítica simple, pues dependiendo de su naturaleza será la técnica o técnicas empleadas para su identificación, por ejemplo, no todos los pigmentos pueden ser analizados por difracción de rayos-X, debido a que no todos son cristalinos, o si lo son, puede ser que su patrón de difracción no esté tabulado. Del mismo modo, la microespectrofotometría no es aplicable a todas las partículas de pigmento, pues algunos no dan espectro distinguible o bien porque son opacos.

3. Definiciones Generales sobre los Constituyentes de un Oleo.

Una pintura al óleo consta estructuralmente de los siguientes constituyentes:

- a) Bastidor
- b) Soporte
(Inerte)
- c) Imprimación (Aglutinante)
- d) Capa Pictórica (. Vehículo
(- Sustancia formadora de película
(- Disolvente
(. Pigmento)
- e) Barniz

a) Bastidor.- Para la construcción de los bastidores se utilizan principalmente las maderas de álamo, castaño, ciprés, pino, caoba, encino, etc.

b) Soporte.- Es el material sobre el que se va a realizar la idea pictórica. Como soportes más comunes se emplean el lienzo (algodón, lino, yute, cáñamo, etc.) y la madera, y sólo en raras ocasiones el papel de trapos (hecho con retazos de algodón o lino, macerados hasta que las fibras después de desgarradas y encoladas por efecto de la presión, quedan trabadas en forma de hojas), placas de pizarra, loza de mármol o de otros minerales o vidrio (8, 23).

c). Imprimación, Base o Capa de Fondo.- Es la capa intermedia entre el soporte y los estratos de pintura sobre la cual se asienta la creación pictórica (7).

Los materiales de imprimación son los inertes y los aglutinantes.

Inerte.- Son sustancias de relleno (también llamados extendedores o abarataadores) que se añaden a los aglutinantes para hacer que la superficie sea mas espesa y llene los poros para permitir la ejecución del dibujo -- con más facilidad. Los inertes incluyen los sulfatos y carbonatos alcali notérreos como la barita*, creta*, yeso*, sílice* y silicatos como el talco* (8, 12).

Aglutinante.- Es una sustancia adherente, como la cola animal, gelatina, yema, clara de huevo, goma arábica y los aceites secantes.

En ocasiones a la capa de imprimación o preparación se le añaden pigmentos blancos para aumentar la luminosidad, como el blanco de ruti---lo*, blanco de zinc*, albayalde*, etc (7).

d) Capa Pictórica.- Es la que desarrolla la idea pictórica. Puede definiirse como la mezcla o dispersión de pigmentos insolubles en el vehículo-- (2). Consta de los siguientes componentes:

Vehículo.- Es el ingrediente necesario para que el pigmento quede en forma de película continua sobre la imprimación. Son líquidos que solidifi-- can pasado algún tiempo. Frecuentemente, llevan adiciones de resinas de bálsamos en el disolvente, para fijar permanentemente los pigmentos al -- fondo. Los vehículos han de secar en capas transparentes, contraerse po-- co, alterar el color lo menos posible y permanecer elásticos, sin embar-- go, sólo cumplen parte de estas condiciones (8,23).

Un vehículo al óleo se considera compuesto de las siguientes par-- tes:

- a) Sustancia formadora de película.
- c) Disolvente

* Véase el apéndice.

a) Sustancia formadora de película.- Puede ser un aceite y/o una resina, su principal función es la de formar una película sólida y continua al secar.

Los aceites pueden clasificarse en secantes, semisecantes y no secantes, como el aceite de linaza, de coco y de ricino respectivamente.

Un aceite secante es una mezcla de triglicéridos de varios ácidos grasos; saturados y no saturados, que presentan además cantidades variables de mucílagos, ácidos grasos libres, gomas, etc.

La propiedad que tienen los aceites secantes de pasar del estado líquido al sólido se funda en su reacción de oxidación con el oxígeno del aire, siendo los productos finales una mezcla de aldehídos, cetonas, alcoholes y cadenas de carbono-hidrógeno saturado (5,21).

b) Disolventes.- Actúan también como diluyentes. Son mezclas de hidrocarburos, alcoholes, ésteres, etc., que huelen intensamente y que pueden destilarse con vapor de agua, presentando la propiedad de evaporarse al secar, como la esencia de trementina (7,8).

En ocasiones se agregan secantes cuando los pigmentos no secan bien, como las sales de manganeso, plomo o cobalto, solubles en aceite, diluidos en esencia de trementina. Con ello se acelera la fijación del oxígeno por los ácidos grasos, sin embargo, deben emplearse con mucho cuidado, pues de lo contrario pueden representar un peligro para la conservación del cuadro (8).

Pigmento.- Son las materias reducidas a polvo que no se disuelven en el aglutinante o vehículo, sino que quedan en forma dispersa. Proporcionan-

opacidad y brillo. Entre las propiedades químicas importantes son su índice de refracción, su gravedad específica y las reacciones químicas que puedan tener en el medio o con otras sustancias.

Los pigmentos se pueden agrupar en cuatro clases (12):

- 1) Orgánicos: indigo*, rojo dragón*, etc.
- 2) Productos Inorgánicos Artificiales: amarillo de cromo*, bermellón*, --
etc.
- 3) Minerales: azurita*, cinabrio*, oropimente*, etc.
- 4) Tierras: ocre, sienas, sombras, etc.

e) Barniz.- Tiene por objeto principal la protección de pinturas del deterioro mecánico y de la desintegración que crea la acción destructora de la humedad y de los vapores ácidos. También se utilizan para destacar los colores, acentuando la intensidad de ellos; en ocasiones se usan los barnices como medios aglutinantes de los pigmentos.

Un barniz esta compuesto de resina o de aceite y resina combinados. También suelen llamarse las resinas sintéticas, los aceites y las ceras (8,23).

* Véase el apéndice.

Capítulo III

Parte Experimental y Resultados

Se trabajó con un trozo de óleo mexicano sobre tela, catalogado de finales del siglo XIX y principios del XX, aportado por la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía de Churubusco.

La identificación de los Pigmentos Rojos, no se puede considerar de una manera aislada, puesto que el artista no los tomó por separado sino como la integración con los demás materiales para llevar a cabo la idea pictórica, de modo que se realizó la separación e identificación no sólo de los pigmentos rojos, sino también de los componentes de las otras zonas coloridas, tomando en cuenta el lienzo, la capa de fondo y el vehículo o aglutinante.

Los métodos y técnicas empleadas fueron las siguientes:

- 1.- Observación Macroscópica.
- 2.- Observación Microscópica.
- 3.- Procesos de Separación de los Diferentes Componentes.
 - 3.1 Extracción Discontinua.
 - 3.2 Extracción Continua.
 - 3.3 Oxidación de un aceite.
- 4.- Difracción de Rayos-X.
- 5.- Fluorescencia.

1. Observación Macroscópica.

El trozo de óleo en estudio, cuenta con unas dimensiones de 26.6 cm. de largo por 12.1 cm. de ancho. La parte anterior presenta varios -- colores, los cuales se dividieron en zonas para su mejor estudio, siendo éstas la de los rojos, azules, negros, dorados y beiges. Su aspecto general es áspero, con craqueladuras que abarcan no sólo la capa superficial-- sino hasta la capa de fondo, así como el desprendimiento de las capas superficiales coloridas, se encuentra una capa amarillenta, asimismo se puede apreciar la parte inferior muy deteriorada, pues está rota, todo esto se muestra en la Fig. 1. En la parte posterior se muestra el entrecrucedel lienzo, así como en la parte inferior restos de madera pertenecientes al bastidor al cual estaba sujeto el óleo.

Las zonas que se analizarán serán la de los Rojos, Dorados y --- Beiges.

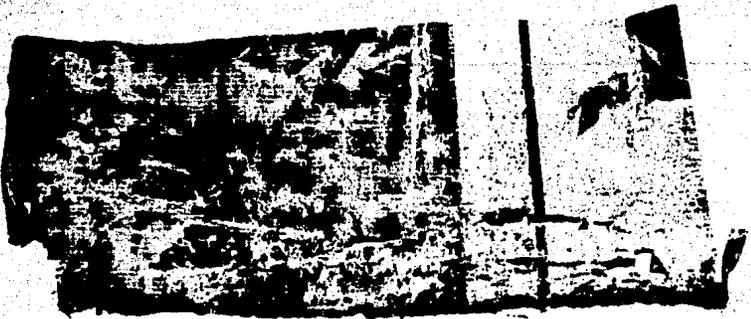


Fig. 1. Trozo de óleo mexicano sobre tela del siglo XIX-XX, mostrándose las diferentes zonas coloridas.



Fig. 2. Parte posterior del trozo de óleo mostrándose el entrecruce del lienzo y los restos de madera del bastidor al cual estaba sujeto.

2. Observación Microscópica.

Se efectuó con un microscopio óptico Carl Zeiss 10x, empezando por la capa superficial hasta llegar a la interior.

En la Zona de los Rojos, el color rojo observado a simple vista, - al ser desprendida una pequeña área con ayuda de una navaja, se encuentra que bajo él existe una capa color rojo-naranja. A continuación se presenta una capa de aspecto óleo-resinoso, la cual macroscópicamente da un color -- amarillento; siguiendo a ésta se encuentra el inerte gris-blanco, y finalmente el lienzo.

En la Zona de los Dorados y Beiges, existe una capa beige común a ambas zonas, estando sobre ella en la Zona de los Dorados, una capa delgada color oro. A continuación se encuentran las capas comunes a todo el óleo, siendo la capa amarillenta óleo-resinosa y el inerte gris-blanco, el cual esta colocado sobre el lienzo.

Esquemáticamente, los componentes de las zonas de los Rojos, Dorados y Beiges, se encuentran de la siguiente forma:

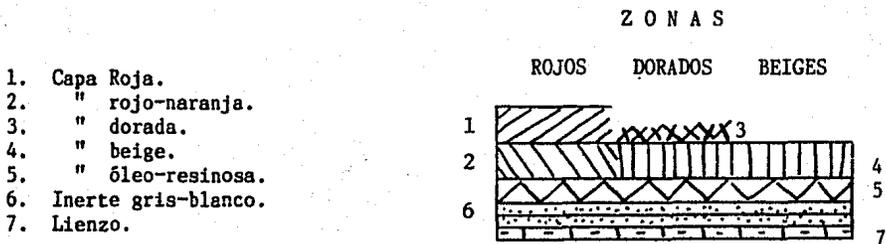


Fig. 3. Corte transversal del trozo de óleo, mostrándose los componentes del trozo de óleo empezando por la capa superficial hasta la interior.

3. Procesos de Separación de los Diferentes Componentes (Orgánicos e Inorgánicos).

3.1 Extracción Discontinua.

En diferentes muestras representativas de la Zona de los Rojos, se realizó una Extracción Discontinua o Pruebas de Solubilidad a temperatura ambiente, para obtener información sobre la naturaleza de los componentes químicos. Se tomaron disolventes de baja y alta constante dieléctrica, obteniéndose los resultados mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Extracción Discontinua a temperatura ambiente con diferentes disolventes.

Disolvente	Constante Dieléctrica	Resultados	Análisis
n-Heptano	1.9	negativo	
Benceno	2.3	negativo	
Eter	4.3	negativo	
Agua	78.5	* Fracción soluble ** Fracción insoluble Tela sin componentes	Infrarrojo Difracción de Rayos-X

* Véase la Gráfica 1.

** Véase la Tabla 10 y la Gráfica 7.

En n-heptano, benceno y éter, no se obtuvo alguna fracción soluble, lo cual no sucedió con el agua, pues se obtuvo la separación de los componentes orgánicos (vehículo o aglutinante) e inorgánicos (pigmento rojo y rojo-naranja e inerte, en mayor proporción), así como el trozo de tela libre de componentes, a la cual por sus entrecruces y número de hilos, pudo ser identificada como lino mediante microscopía óptica por el Laboratorio Central de SHCP.

3.2 Extracción Continua.

En la Extracción Discontinua con agua, se obtuvo una fracción soluble cuyas bandas de absorción en infrarrojo no están bien definidas, por lo tanto, se prosiguió con la Extracción Continua, utilizándose disolventes en orden creciente de constante dieléctrica, para de este modo extraer los componentes orgánicos, es decir, el vehículo o aglutinante formado por aceite, o bien, por goma, cola animal o aceite-resina. Para esto, se tomó una muestra representativa de la Zona de los Rojos, realizándole extracciones sucesivas hasta extracción exhaustiva en un soxhlet de 100 ml, con los disolventes que se muestran en la Tabla 2., llevando a cada extracto a evaporación y determinándole su correspondiente espectro de infrarrojo en pastilla de KBr,-- con el Espectrofotómetro PERKIN-ELMER 599B.

Tabla 2. Disolventes en orden creciente de constante dieléctrica con sus correspondientes horas de reflujo (6).

Disolvente	Constante Dieléctrica	Horas de Reflujo
Benceno	2.3	30:30
Cloroformo	4.8	27:00
THF	7.4	39:00
Diclorometano	9.1	29:00
Isopropanol	18.3	29:30
Propanol	20.1	25:00
Etanol	24.3	30:00
Metanol	32.6	27:00
Agua	78.5	24:00

Los espectros de absorción en infrarrojo de los diferentes extractos se muestran en la Gráfica 1, Tabla 3.

Tabla 3. Bandas de Absorción obtenidas por la Extracción Continua.

Disolvente	Horas de Reflujo	Bandas de Absorción en cm^{-1}					Otros
		-OH	$-\text{CH}_2$	$-\text{CH}=\text{O}$	$-\text{COOR}$	$-\text{CO}-$	
Benceno	30:30	3500-3200	2920 2850 1460 1360 720	-	1745 1260 1170	1715	800
Cloroformo	27:00	3500-3200 1100 1020	2930 2850 1460 1360 720	1745-----	1715 1260 1170	-	800 870
Tetrahidrofurano	39:00	3500-3200	2930 2860-50 1460 1360 720	1740-----	1715 1260 1180	-	860 800
Diclorometano	29:00	-	-	-	-	-	-
Isopronanol	29:30	3500-3200 1100 1030	2930 2850 1460 1360	1725	1745 1260 1160	1710	800
Propanol	25:00	3500-3300 1030	2970 2930 2850 1460 1380 720		1740 1260 1140	-	1600
Etanol	30:00	3400-3200 1030	2930 2850 1460	-	1740 1280 1170	-	1600 1400 920
Metanol	27:00	3400-3200 1030	2930 2850 1460	-	-	-	1650 1550
Agua	24:00	3500-3300	2930 2850	-	-	-	1700 1500 1400 660 600

De la literatura, se sabe que el aceite de linaza ha sido uno de los vehículos o aglutinantes más empleado en la técnica al óleo, desde sus orígenes hasta nuestros días, por lo tanto, las bandas de absorción mostradas en la Gráfica 1, Tabla 3, corresponden probablemente a dicho aceite -- por lo que se realizó una oxidación de una muestra de este aceite como se da a continuación.

3.3 Oxidación de un Aceite.

Se efectuó con una muestra de aceite de linaza, sometiéndola a envejecimiento mediante el burbujeo con aire y presencia de luz artificial para lograr la oxidación de las dobles ligaduras, pasando el aceite del estado líquido al sólido, siendo los productos de esta reacción, mezcla de aldehídos, cetonas, grupos hidroxilo y cadenas de carbono-hidrógeno saturado.

Se tomaron fracciones a diferentes horas de oxidación, sacándoles su espectro de infrarrojo con pastilla de KBr en el espectrofotómetro ---- PERKIN-ELMER 599B, obteniéndose las bandas de absorción mostradas en la -- Gráfica 2, Tabla 4.

Tabla 4. Bandas de Absorción y horas de burbujeo de una muestra de aceite de linaza sometida a oxidación con aire y luz artificial.

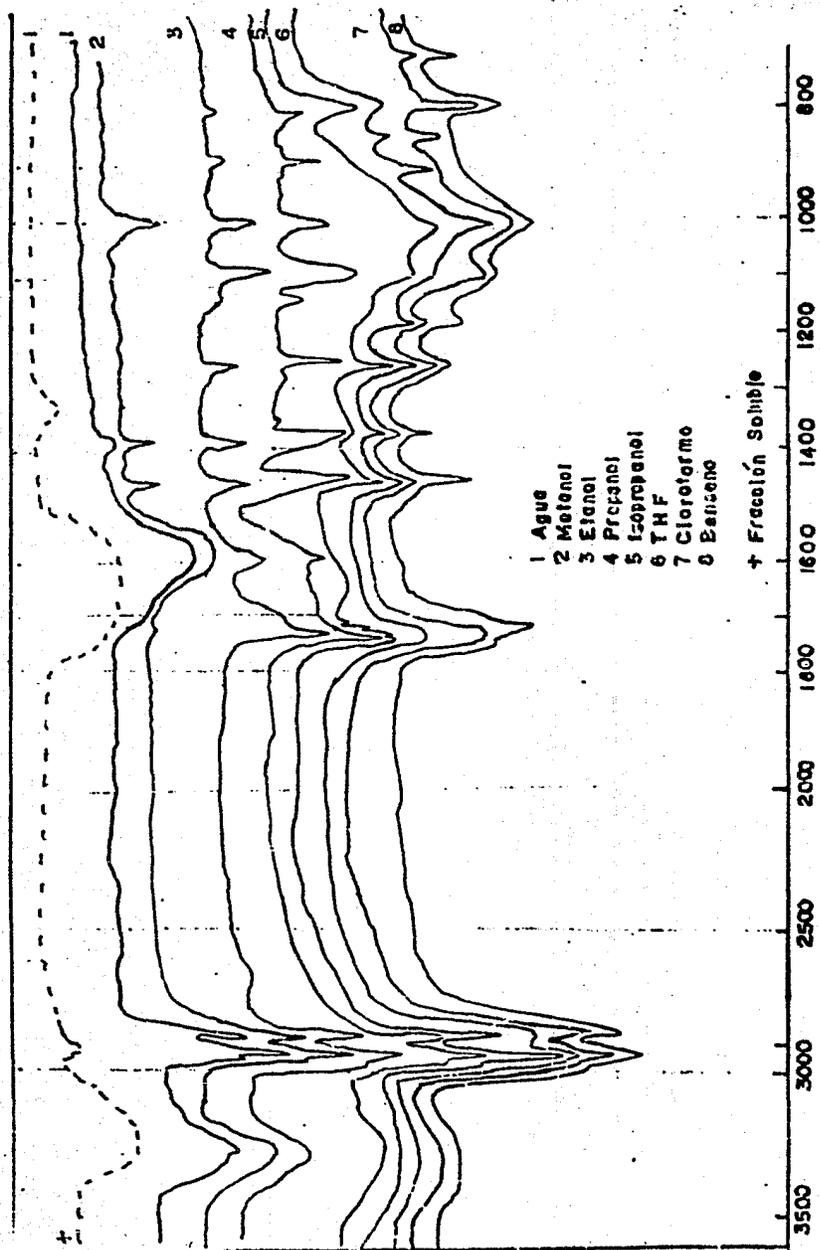
Muestra	Horas de Burbujeo	Bandas de Absorción en cm^{-1}					
		-OH	-CH ₂	-CH=O	-COOR	-CO-	C=C
1	0:00	-	2960 2930 2855 1470 1380	-	1745 1160	-	3010 1650
2	117:30	-	2930 2860 1460 1360	-	1750 1160	-	3010
3	238:25	3200	2930 2860 1460 1360 720	-	1750 1160	-	3010 1650
4	285:25	3500-3200	2930 2860 1460 1360 720	-	1750 1160	-	3010
5	*382:25 + 682:00	3500-3200	2930 2860 1460 1380 720	1725	1750 1160	1710 1100	-

* Sin burbujeo y sin luz artificial.

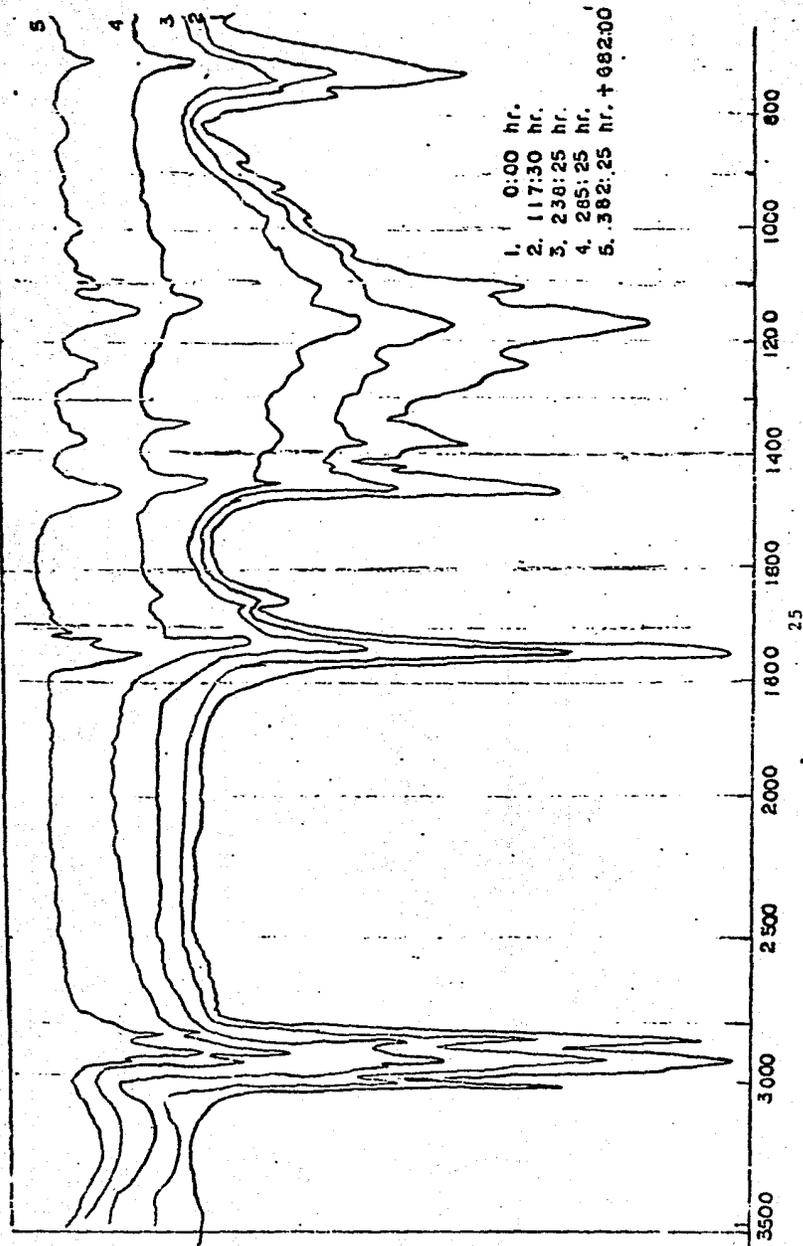
Al comparar las bandas de absorción de la Gráfica 1 de los disolventes cloroformo, tetrahidrofurano e isopropanol, con la muestra 5 de la Gráfica 2, se puede observar que existen bandas semejantes en 3500-3200; 2930, 2850-60, 1460, 1380, 720; 1750-45, 1725, 1715-10, 1160-50 cm^{-1} ; correspondientes a los grupos hidroxilo, carbono-hidrógeno saturado y carbonilo de éste

res, aldehídos y cetonas, lo cual indica que uno de los componentes del vehículo o aglutinante del trozo de óleo es probablemente el aceite de linaza.

GRAFICA I. EXTRACCIONES DISCONTINUA Y CONTINUA.



GRAFICA 2. Envejecimiento del aceite de linaza con burbujeo de aire y luz.



4. Difracción de Rayos-X.

Se tomaron muestras representativas de las capas superficiales de los Rojos, Beiges y Dorados, aproximadamente 25 mg de cada uno, identificando sus correspondientes componentes.

La capa roja formada por los pigmentos rojo y rojo-naranja, se le tomó Difracción de Rayos-X en papel con el Difractómetro Phillips PW 1050/25 y en película con la cámara Hägg Guinier XDC-700, ambas con radiación Cu-K , $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$.

Las distancias interplanares obtenidas, corresponden a las tabuladas por Difracción de Rayos-X para los pigmentos de minio (tarjeta 8-19, rojo-naranja, Pb_3O_4), el cual se comparó con un patrón de tetróxido de plomo sacado en Difracción de Rayos-X en papel; y al cinabrio (tarjeta 6-256, rojo, HgS), como se muestra en las Gráficas 3, 4 y 5 (Ver Tablas 5, 6 y 7).

Tabla 5. Distancias Interplanares e Intensidades tabuladas por Difracción de Rayos-X correspondientes al Minio.

8-19 Oxido de Plomo (II,III) Minio			
d A°	I/I ₁	d A°	I/I ₁
6.23	12	1.970	12
3.66	4	1.903	20
3.38	100	1.829	20
3.28	8	1.755	30
3.113	20	1.729	2
2.903	50	1.6417	8
2.787	45	1.5876	12
2.632	30	1.5292	8
2.260	8	1.4687	4
2.032	12	1.4144	14

Tabla 6. Distancias Interplanares e Intensidades Tabuladas por Difracción de Rayos-X correspondientes al Cinabrio.

6-256 Sulfuro de Mercurio (II) Cinabrio			
d Å ^º	I/I ₁	d Å ^º	I/I ₁
3.59	6	1.583	6
3.35	100	1.562	6
3.16	30	1.433	8
2.863	95	1.401	2
2.375	10	1.344	12
2.074	25	1.305	10
2.026	12	1.269	4
1.908	35	1.258	8
1.765	20	1.248	4
1.735	25	1.1883	4
1.679	25	1.1787	4

Tabla 7. Distancias Interplanares de una muestra de la Capa pictórica Roja, obtenidas por Difracción de Rayos-X; a) En película con la cámara Hägg Guinier, b) En papel con el Difractómetro Phillips PW 1050/25, y c) En papel de una muestra patrón de tetróxido de plomo o minio con el Difractómetro Phillips.

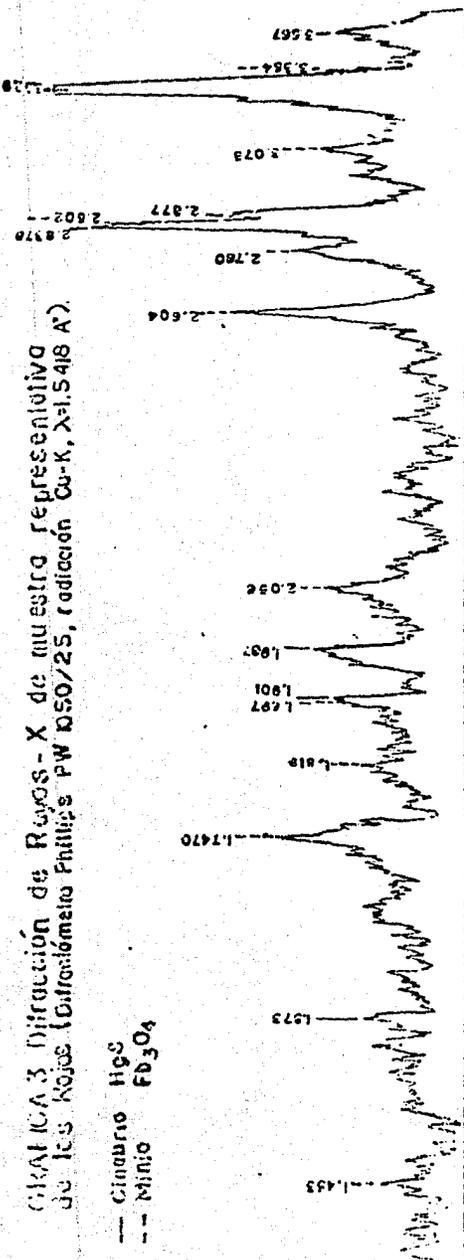
a) Cinabrio Minio	
d Å ^º	d Å ^º
3.353	3.381
2.864	2.901
2.859	2.790
1.682	2.621
2.076	6.258
1.682	1.825
2.028	1.754
1.414	1.641
1.306	1.638

b) Cinabrio Minio	
d Å ^º	d Å ^º
3.326	3.354
2.8376	3.078
2.8770	2.802
1.9010	2.780
3.5670	2.604
1.9670	2.056
1.5730	1.897
	1.819
	1.7470

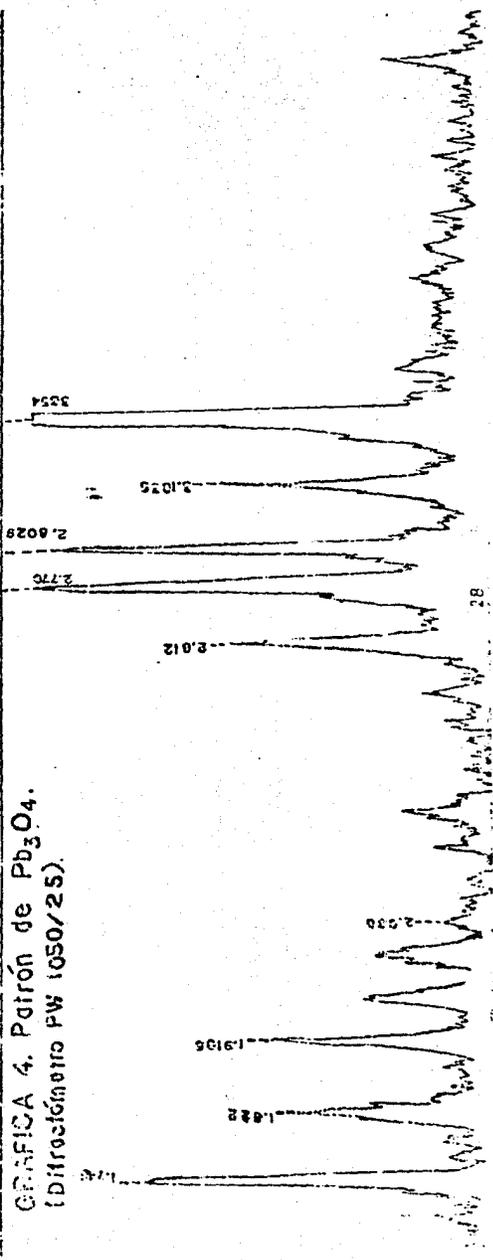
c) Pb ₃ O ₄ ó Minio
d Å ^º
3.354
3.1035
2.8029
2.7700
2.6120
2.0600
1.9105
1.8220
1.7460

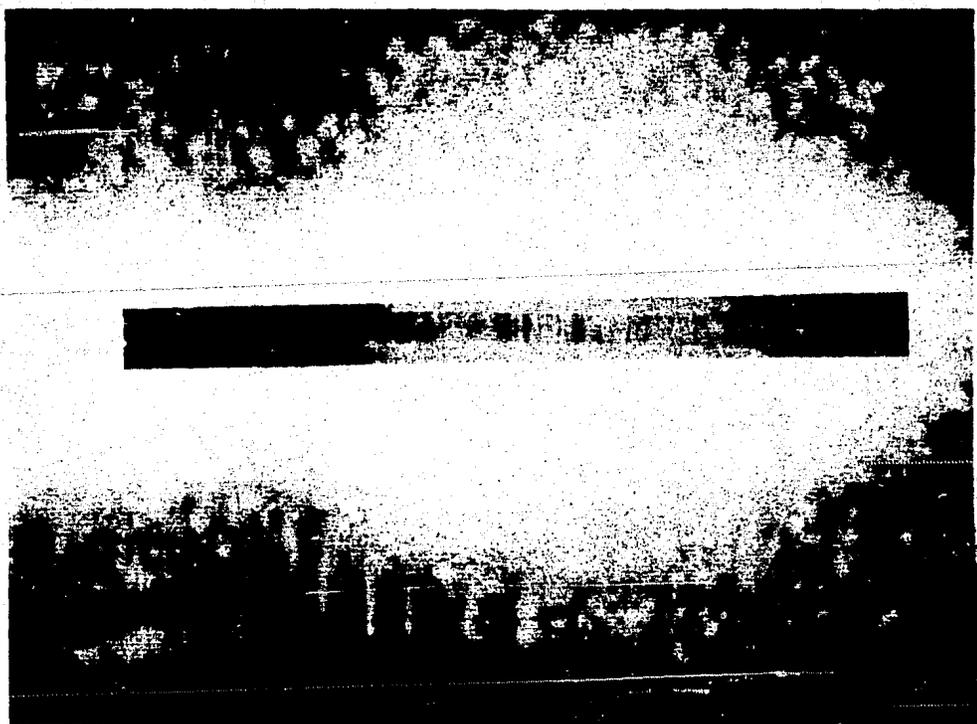
GRÁFICA 3 Difracción de Rayos - X de muestra representativa de los Hojes (Difractómetro Philips PW 1050/25, radiación Cu-K, $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$).

— Cinnabro Hg_2S
 -- Minio Pb_3O_4



GRÁFICA 4. Patrón de Pb_3O_4 . (Difractómetro PW 1050/25).





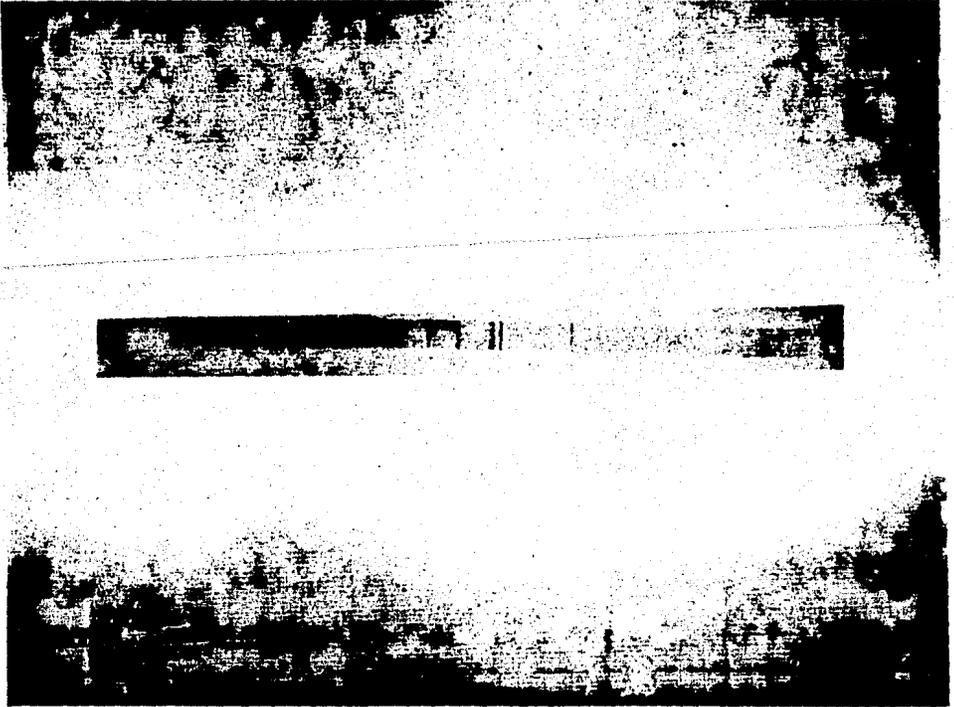
Gráfica 5. Difracción de Rayos-X en película de una muestra de la capa pictórica roja (Cámara Hägg Guinier XDC-700, radiación Cu-K, $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$).

Para las Zonas Beiges y Dorados, se les sacó Difracción de Rayos-X en papel con el Difractómetro Phillips PW 1050/25, radiación Cu-K, $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$, obteniéndose la gráfica de los Dorados muy similar a la de los Beiges, esto debido a que la capa dorada por estar muy delgada, fue cubierta por la capa beige que se encuentra en ambas zonas (Ver Gráfica 6, Tablas 8 y 9).

Las distancias interplanares obtenidas de la capa beige, concuerdan con las tabuladas por Difracción de Rayos-X, correspondiendo a la crocoita (tarjeta 8-209, PbCrO_4) e hidrocerusita (tarjeta 13-131, $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$), ambos de origen mineral.

Para la identificación del inerte, se utilizó la muestra obtenida por la Extracción Discontinua de la fracción insoluble, realizándole un análisis por Difracción de Rayos-X en película con la cámara Hägg Guinier XDC-700, radiación Cu-K, $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$.

Por la literatura, se sabe que los componentes más frecuentemente empleados como inertes para la capa de imprimación son el carbonato de calcio y sulfato de calcio, cuyas distancias interplanares de dicha muestra, concuerdan con las tabuladas por Difracción de Rayos-X correspondiendo a la calcita (tarjeta 24-27A, CaCO_3), como se muestra en la Gráfica 7, Tabla 10.



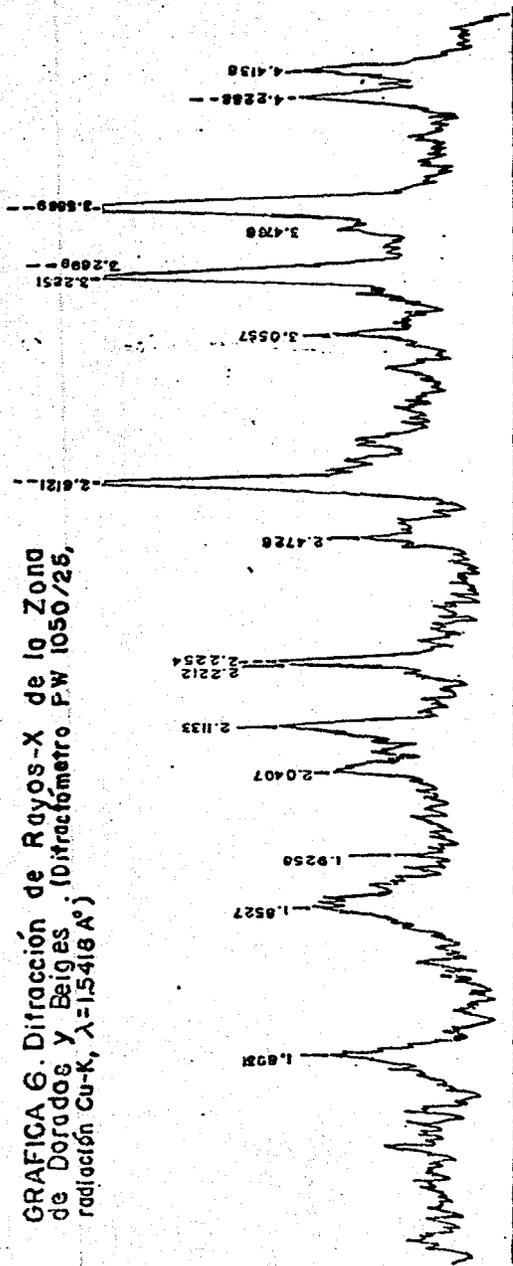
Gráfica 7. Difracción de Rayos-X del inerte gris-blanco tomada con la cámara Hägg Guinier XDC-700, radiación -- Cu-K, $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$.

Tabla 10. a) Distancias Interplanares e Intensidades tabuladas por Difracción de Rayos-X de la calcita; b) Distancias Interplanares obtenidas con la cámara Hägg Guinier -- del inerte, en orden decreciente de intensidad.

a) 24-27A Carbonato de calcio. Calcita			
d A°	I/I ₁	d A°	I/I ₁
3.852	29	1.9071	27
3.030	100	1.8726	34
2.824	2	1.6259	2
2.495	7	1.6040	15
2.284	18	1.5821	2
2.094	27	1.5247	3
1.9261	4	1.5061	2

b) Muestra del inerte
d A°
3.027
2.279
2.089
1.908
1.601
3.852
1.522

GRAFICA 6. Difracción de Rayos-X de la Zona de Dorados y Beiges. (Difractómetro P.W 1050/25, radiación Cu-K, $\lambda=1.5418 \text{ \AA}$)



Distancias Interplanares e Intensidades tabulados por Difracción de Rayos-X

TABLA 8
-- 8-209 Crocoita PbCrO_4 TABLA 9
-- 13-131 Hidrocerusita $2 \text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$

d \AA	I/I ₁	d \AA	I/I ₁
4.38	25	4.25	60
4.37	14	3.61	90
3.48	55	3.29	90
3.28	100	2.623	100
3.03	65	2.231	50
3.00	30	2.120	30
2.46	4	2.099	20
2.214	4	2.046	30
2.046	4	1.884	20
1.900	8	1.858	30
1.694	10	1.696	40
		1.649	20

5. Fluorescencia.

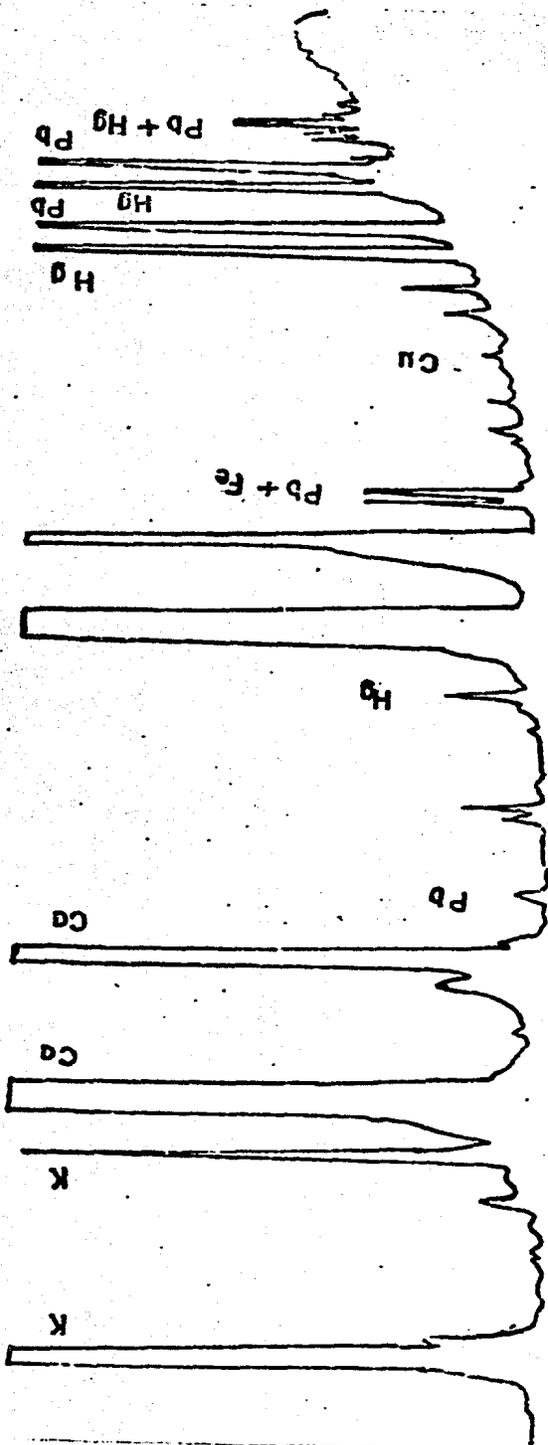
Para corroborar los resultados obtenidos sobre la identificación de los componentes químicos inorgánicos de las Zonas de los Rojos, Beiges y Dorados, se tomó una muestra representativa de cada Zona, realizándose un análisis por Fluorescencia con pastilla de celulosa en el Espectrofotómetro de Rayos-X Phillips PW 1410.

Los datos obtenidos para cada zona, se muestran a continuación - en la Tabla 11 (ver Gráficas 8,9 y 10).

Tabla 11. Elementos e Impurezas de los componentes de las zonas coloridas del trozo de óleo identificados por Fluorescencia.

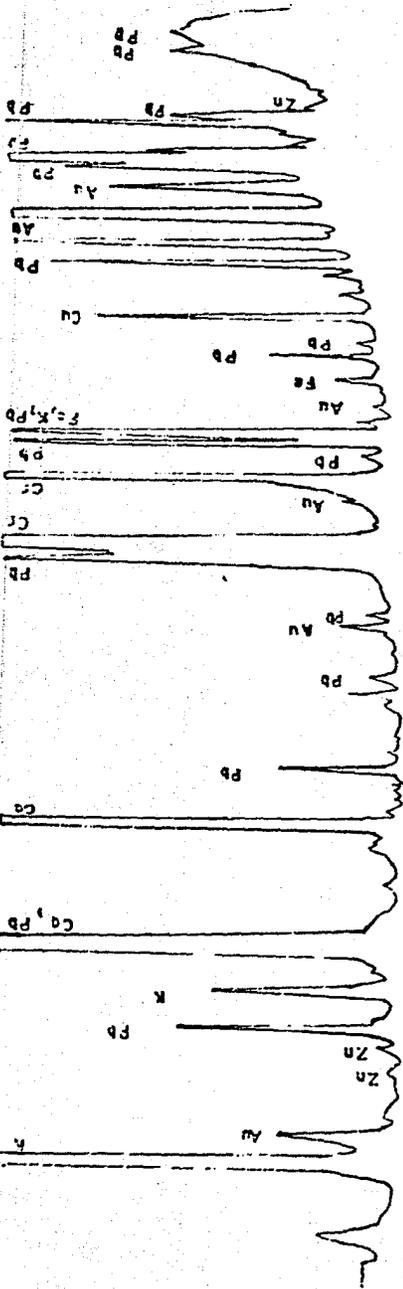
ZONAS	ELEMENTOS	IMPUREZAS
Rojos	Hg, Pb, Ca.	K, Fe, Cu.
Beiges	Pb, Cr, Ca.	K, Fe, Cu.
Dorados	Au, Pb, Cr, Ca.	K, Fe, Cu, Zn.

Para la Zona de los Rojos, los elementos identificados de mercurio, plomo y calcio, corroboran la presencia de cinabrio (HgS), minio (Pb_3O_4) y calcita (CaCO_3); asimismo, el plomo, cromo y calcio para la presencia de crocoita (PbCrO_4), hidrocerusita ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$) y calcita (CaCO_3) de la Zona de los Beiges. Para la Zona de los Dorados, la presencia de plomo, cromo y calcio, confirman la existencia de la crocoita, hidrocerusita y calcita, además por esta técnica, se pudo identificar la capa delgada dorada formada por oro metálico, pues por estar en tan pequeña cantidad no pudo ser identificada por Difracción de Rayos-X.

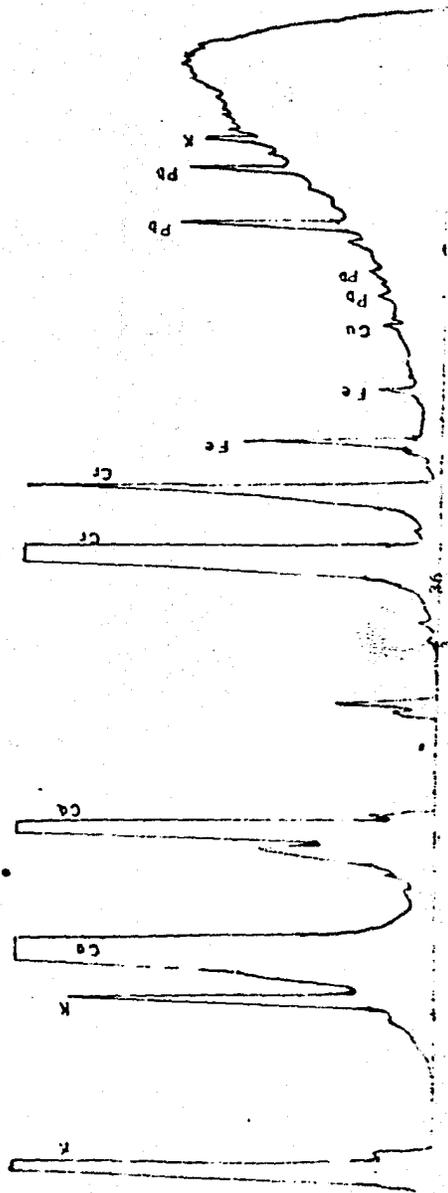


GRAFICA 8. Fluorescencia de muestra representativa de Zona de los Rojos
 (Espectrofotómetro de Rayos-X Philips PW 1410).

GRÁFICA 9. Fluorescencia de la Zona de Dorados.



GRÁFICA 10. Fluorescencia de la Zona de los Beiges (Espectrofotómetro de Rayos-X Philips PW 1410).



Capítulo IV

Discusión

Los componentes químicos identificados en el trozo de óleo fueron los siguientes:

Nombre mineral o químico	Nombre dado por los artistas	Fórmula Química	Impurezas
Cinabrio	Bermellón natural	HgS	Fe, Cu.
Minio	Rojo de Saturno	2PbO·PbO ₂	--
Hidrocerusita	Albayaide o Blanco de plomo	2PbCO ₃ ·Pb(OH) ₂	Fe, Cu
Crocoita	Amarillo de plomo	PbCrO ₄	Fe, Cu
Oro metálico	Oro	Au	
Calcita	Tiza	CaCO ₃	K
Aceite de linaza (oxidado)	Aceite de linaza	Mezcla de aldehídos, cetonas, ésteres y cadenas de carbono-hidrógeno saturado.	-
Tela de lino	Soporte de lino	Compuesto orgánico (lignina).	-

Los anteriores componentes se encontraron con la siguiente distribución:

- a) Capa roja: cinabrio, minio.
- b) Capa dorada: oro metálico.
- c) Capa beige: hidrocerusita más crocoita.
- d) Capa óleo-resinosa: aceite de linaza más otros componentes.
- e) Inerte: calcita.
- f) Soporte: lino.
- g) Bastidor: madera.

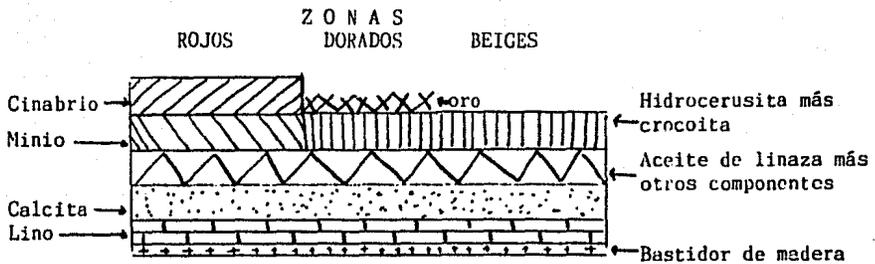


Fig. 4. Corte transversal mostrando la distribución de los componentes químicos del trozo de óleo.

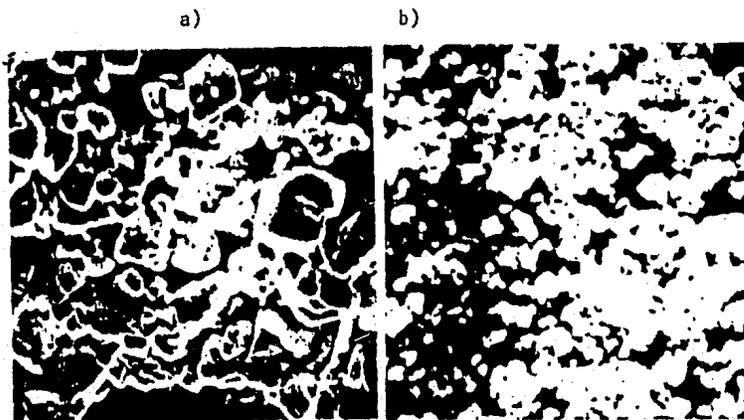
La capa pictórica roja, se encontró formada por dos pigmentos, uno superior de sulfuro de mercurio (cinabrio) y otro inferior de tetróxido de plomo (minio), sin embargo, no se encontró ennegrecimiento por la formación del sulfuro de plomo. De acuerdo a la bibliografía, esto se debió a dos razones: tamaño de partícula del cinabrio (12) y al medio óleo-resinoso (13).

El sulfuro de mercurio existe en tres formas alotrópicas:

- 1) natural, llamado cinabrio,
- 2) sintético, obtenido por vía húmeda llamado bermellón, y
- 3) sintético, obtenido por vía seca, también llamado bermellón.

Estando el sulfuro de mercurio en su forma mineral el tamaño de la partícula es más grande comparado con los obtenidos sintéticamente, como revela la fotografía de microscopía electrónica de barrido mostradas en la Fig. 4.

Fig. 5. Fotografías por Microscopía Electrónica de Barrido 7700x. a) Partículas de cinabrio natural, b) Partículas de bermellón por vía húmeda.



En cuanto al medio, puesto que es óleo-resinoso, ayudó a dar estabilidad, pues el sulfuro de mercurio existe en tres formas cristalinas: cinabrio rojo (α -HgS), metacinabrio negro (α' -HgS) y una forma roja inestable (β -HgS) reportada por Allen y Crenshaw quienes la sintetizaron a partir de tiosulfato de sodio con cloruro mercúrico (1). Las interrelaciones entre éstas formas cristalinas se muestran en la Fig. 6. El cambio de la forma negra (α' -HgS) a la forma roja (α -HgS) es sólo un cambio físico. Además, la región en la cual el sulfuro de mercurio absorbe la luz, es entre una longitud de onda de 400 a cerca de 570 nm que en determinada región es reversible produciéndose el oscurecimiento.

Considerando ahora que la humedad puede ser fácilmente transportada a los intersticios entre las partículas de los pigmentos por el aire; cuando éstas partículas son envueltas por un continuo vehículo de aceite o aceite-resina, la oportunidad de contacto se ve grandemente reducida debido-

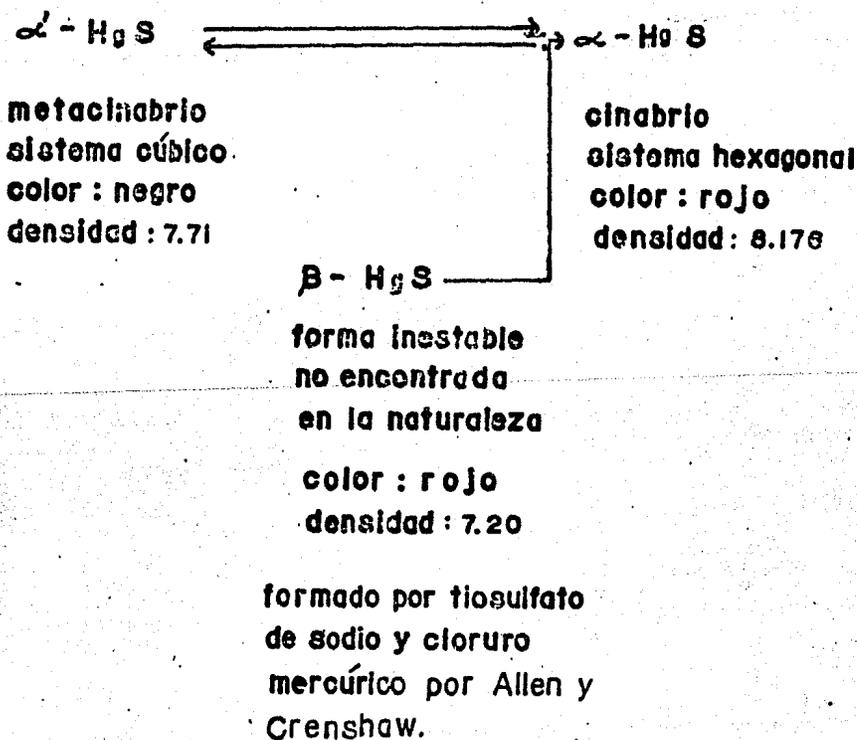


Fig.6
Propiedades y relaciones de formas
crystalinas del Sulfuro de Mercurio .

a que este tipo de medio, sirve como un colóide protector evitando las porosidades (13), de modo que, esto hizo posible que se impidiera la reacción entre el cinabrio y el minio, además de evitar que dicho sulfuro pasara de la forma roja (Δ -HgS) a la variedad negra de metacinabrio (\times' -- HgS).

Puesto que los pigmentos de plomo identificados (minio, hidroceruista y crocoita), así como el cinabrio, son venenosos, ayudaron a evitar la proliferación de microorganismos, impidiendo el deterioro del trozo de óleo por manchas, presencia o productos de desecho de estos microorganismos, pues se desarrollan en medios orgánicos debido al lienzo y al vehículo.

El minio en el trozo de óleo, se encontró como pigmento de "capa de fondo" con respecto al cinabrio, lo cual fue muy común en la antigüedad, siendo usado en la actualidad por sus propiedades anticorrosivas como "primer" en pinturas industrialmente (8,20).

En cuanto al uso de estos componentes en nuestro país, durante el Virreinato de la Nueva España, fueron muy comunes, figurando en la paleta y materiales empleados por los pintores. Además por referencias, se sabe que el sulfuro de mercurio era traído de Europa a principios del siglo XIX para los discípulos de la Academia de San Carlos, que de Real se transformó en Nacional, como "bermellón francés" (4). Esto afirma que el cinabrio identificado, fue usado en años anteriores a dicho siglo, de modo que no concuerda con la catalogación dada al trozo de óleo como de finales del siglo XIX y principios del XX.

Analizando la idea pictórica del trozo de óleo (Ver Fig. 1), se puede observar que la zona de los dorados asemeja a un marco con adornos negros, lo cual fue muy común a finales del siglo XVII hasta el tercer cuarto del XVIII (ver pag.6), y puesto que los componentes identificados fueron muy comunes en el período del Virreinato, esto ayuda a describir al trozo de óleo en el período de finales del XVII hasta el tercer cuarto del XVIII. Además, por la manera en que se encuentran distribuidos los componentes como se mostró en la Fig. 4., podría conocerse el artista o escuela que realizó este óleo.

Capítulo V

Resumen

En el presente trabajo, se separaron e identificaron los componentes químicos de un trozo de óleo sobre tela mexicano, catalogado de finales del siglo XIX y principios del XX mediante las siguientes técnicas y métodos: microscopía óptica, extracciones discontinuas, extracciones en soxhlet, infrarrojo, difracción de rayos-X en película y papel, y fluorescencia.

Los componentes identificados de acuerdo a las capas superficiales de las zonas coloridas fueron:

- a) Capa Roja: cinabrio, minio.
- b) Capa Beige: crocoita más hidrocerusita.
- c) Capa Dorada: formada por oro metálico y bajo él, por la capa beige-compuesta por crocoita más hidrocerusita.

Posteriormente se encontraron los componentes comunes a todo el óleo: una capa amarillenta óleo-resinosa, siendo uno de sus probables componentes el aceite de linaza; siguiendo a ésta, la capa de fondo o imprimación formada por el inerte calcita; después el soporte de lino y finalmente el bastidor de madera.

Capítulo VI

Conclusiones

Los componentes identificados en el trozo de óleo mexicano catalogado de finales del siglo XIX y principios del XX fueron: cinabrio, minio, crocoita, hidrocerusita, oro metálico, calcita, probablemente aceite de linaza y el soporte de lino, siendo de origen mineral o natural, a excepción del minio, los cuales no concuerdan con la catalogación dada al trozo de óleo como del siglo XIX-XX, pues en este período se utilizan principalmente materias sintéticas, de modo que, por la naturaleza de los componentes identificados que fueron comúnmente usados por los pintores de la Nueva España y por la apariencia física del trozo de óleo que asemeja la Zona de los Dorados un marco con adornos negros, puede catalogarse a dicho óleo como de finales del siglo XVII hasta el tercer cuarto del XVIII.

Estas son unas de las aportaciones que ofrece la identificación de los componentes químicos, el verificar la autenticidad de la obra y situarla dentro de un tiempo y espacio, así como el de adscribirla a una determinada escuela o artista, además de la académica aportando información mediante el uso de técnicas y métodos propios y adecuados de gran precisión, siendo el trabajo presentado uno de los inicios de ésta área de investigación en la cual la ciencia con su metodología participa como medio de ayuda en el arte, para lograr así la preservación de nuestros bienes culturales y el mejor conocimiento de nuestras raíces.

Capítulo VII
A P E N D I C E

NOMBRE	COMPOSICION
Aceite de linaza	Constituido por una mezcla de ácidos linoléico, linolénico, oleico, esteárico, palmítico- y mirístico.
Albayaide: carbonato básico de plomo	$2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$
Amarillo de cromo	$PbCrO_4$
Azurita: carbonato básico de cobre	$2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$
Barita: sulfato de bario	$BaSO_4$
Bermellón: sulfuro de mercurio	HgS
Blanco de rutilo: dióxido de titanio	TiO_2
Blanco de zinc: óxido de zinc	ZnO
Cinabrio: sulfuro de mercurio	HgS
Creta: carbonato de calcio	$CaCO_3$
Indigo: colorante obtenido de la planta de indigo	$C_{16}H_{10}O_2N_2$
Oro metálico	Au
Oropimente: sulfuro de arsénico	As_2S_3
Rojo dragón: resina natural de un árbol	$C_{32}H_{24}O_5$
Sílice: óxido de silicio	SiO_2
Talco: silicato de magnesio	$Mg(OH)_2Si_4O_{10}$
Verde cardenillo: acetato básico de cobre dihidratado	$(Cu(CH_3COO)_2 \cdot Cu(OH)_2)_3 \cdot 2H_2O$
Yeso: sulfato de calcio dihidratado	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$

Capítulo VIII

Bibliografía

1. Allen, E.T. and Crenshaw, J.L. The Sulphides of Zinc, Cadmium and -- Mercury; Their Crystalline Forms and Genetic Conditions. American - Journal of Science. 34, 341-396, 1912.
2. Blanco Matas, A. y Villegas, Ch, L.Y. "Tecnología de Pinturas y Recubrimientos Orgánicos". Editorial Química, S.A. México 1966.
3. Bridgman, Ch. F. and Gibson, H.L. Infrared Luminiscence in the Photographic Examination of Paintings and other Arts Objects. Studies in Conservation. 8, 77-83, 1963.
4. Carrillo y Gariel, A. "Técnica de la Pintura de la Nueva España". --- U.N.A.M. Inst. de Inv. Estéticas. Imprenta Universitaria. México, --- 1946.
5. Crecelius, S.B., Kagarise, R.E. and Alexander, A.L. Drying Oil Oxidation Mechanism, Film Formation and Degradation. Ind. Eng. Chem. 47, 1643-49, 1955.
6. Charlot, G. "Curso de Química Analítica General". Tomo I. Soluciones Acuosas y No Acuosas. Toray-Mason, S.A. Barcelona, 1975.
7. Díaz Martos A. "Restauración y Conservación del Arte Pictórico". Arte Restauro, s.a. Madrid, 1975.
8. Doerner, M. "Los materiales de pintura y su empleo en el arte. Tercera edición. Editorial Reverté, S.A. Barcelona, 1975.
9. Ember, L.R. Science in the Service of Art. New Focus. December, 3 -- págs. 14-23, 1984.

10. Enciclopedia de México. Tomo X. Tercera edición. México, 1978.
11. Gettens, R.J. Identification of Pigments and Inerts on Paintings and Other Museum Objects in Application of Science in Examination of Works of Art. Boston, Museum of Fine Art, 1960.
12. Gettens, R.J., Feller, R.L. and Chase, W.T. Vermilion and Cinabar. Studies in Conservation. 17, 45-69, 1972.
13. Gettens, R.J. and Sterner, F.W. The Compatibility of Pigments in Artists' Oil Paints. Studies in the Field of Fine Arts. Vol X-(1), 18-28, 1941.
14. Harley, R.D. "Artists' Pigments (1600-1835)". Butterworths. Londres, 1970.
15. Inorganic Phases. Powder Diffraction File. Alphabetical Index, 1984.
16. Keisch, B. On the Use of Isotope Mass, Spectrometry in the Identification of Artists' pigments. Studies in Conservation. 15, 1-11, 1970.
17. Locke, D.C. and Riley, O.H. Chemical Analysis of Paint Samples --- using the Weisz Ring Oven Technique. Studies in Conservation. 15, (2), 94-101, 1970.
18. Patton, T.C. editor. Pigments Handbook. Tomo III. Sanderson. B.S. Characterization of Pigment Particles. X-Ray Techniques. págs. 107-116, John Wiley and Sons, INC. N.Y., 1973.
19. Ibid. Tomo III. McCrone, W.C. Pigment Identification. Microscopy. págs. 71-76.
20. Ibid. Tomo I. Dunn, E.J. Red Lead. págs. 837-842.

21. Rasti, F. and Scott, G. The Effects of some common Pigments on the Photo-oxidation of Linseed Oil-bases Pais Media. *Studies in Conservation*. 25, 145-156, 1980.
22. Smith, B. "México, Arte e Historia". Editora Cultural y Educativa, - S.A. de C.V. México, 1969.
23. Stout, G.L. "Restauración y Conservación de Pinturas". Editorial - Tecnos, S.A.
24. Toussaint, M. "Arte Colonial en México". Imprenta Universitaria. México, 1962.
25. West, P.W. and Mukherj, A.K. Separation and Microidentification of Metallic Ions by Solvents Extraction and Ring Oven Techniques. *Analytical Chemistry*. 31, (5), 947-50, 1959.