



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Dpto. de Conservación y Restauración de Bienes
Culturales

Veladuras con pigmentos inorgánicos (ss. XV-XVIII).
Reconstrucción experimental y caracterización multi-
técnica

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Conservación y Restauración de Bienes
Culturales

AUTOR/A: Díaz Mata, Leticia

Tutor/a: Zalbidea Muñoz, Maria Antonia

Cotutor/a: Herrero Cortell, Miguel Ángel

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

Veladuras con pigmentos inorgánicos (ss. XV-XVIII). Reconstrucción experimental y caracterización multi-técnica

Trabajo Final de Máster

Leticia Díaz mata

2021-2022

Directores:

María Antonia Zalbidea Muñoz

Miquel Àngel Herrero Cortell



FACULTAD
DE
BELLAS ARTES



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Investigación
y Desarrollo
de Bienes
Culturales
Módulo
Laboratorio
UPV



Universitat Politècnica de València



Facultat de Belles Arts de Sant Carles

Máster Conservación y Restauración de Bienes Culturales

Veladuras con pigmentos inorgánicos (ss. XV-XVIII).

Reconstrucción experimental y caracterización multi-técnica.

Trabajo Final de Máster

Presentado por:

Leticia Díaz Mata

Directores:

María Antonia Zalbidea Muñoz

Miquel Angel Herrero Cortell

15 de julio de 2022

Título

Veladuras con pigmentos inorgánicos (ss. XV-XVIII). Reconstrucción experimental y caracterización multi-técnica

Resumen

El presente trabajo aborda una caracterización con diversas técnicas de imagen de pigmentos inorgánicos empleados como veladuras, por la idoneidad de su naturaleza traslúcida. El estudio se lleva a cabo a partir de la realización de 16 probetas con secuencias de veladuras de pigmentos inorgánicos, aplicados sobre grisallas de 9 pigmentos basales. Se trata de una selección pigmentaria histórica, al ser materiales empleados de forma recurrente en la pintura, al menos hasta el siglo XVIII, si bien la acotación temporal viene definida por la vigencia de la técnica pictórica de las veladuras. Para valorar el efecto de transformación de tales veladuras, estas han sido aplicadas sobre grisallas cromáticas degradadas, utilizando para ello, negro de vid, ocre, siena natural, sombra natural, sombra tostada, rojo férrico, bermellón, tierra verde y azurita, aclarados con blanco de plomo para los tonos degradados y aglutinados con aceite de linaza. A su vez, las veladuras de pigmentos inorgánicos se han aplicado siguiendo el procedimiento consignado en fuentes históricas. Se han aglutinado con una mezcla de óleo-resina, compuesta por aceite de linaza y resina de almáciga, que favorece la conformación de capas traslúcidas permitiendo un secado más rápido.

A continuación, se ha procedido a un estudio multi-técnico, partiendo de un registro de imagen multibanda, comprendiendo diferentes bandas del espectro: visible (VIS y UVL) e infrarrojo (IR), produciendo además la imagen infrarroja de falso color (IRFC). A ello se ha sumado el registro con microscopía óptica superficial de luz polarizada. Del mismo modo, para ampliar el estudio más allá de la imagen, se ha incluido el análisis mediante espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) de los diferentes pigmentos empleados, para poder interrelacionar los aspectos observados en su comportamiento espectral y obtener una lectura coherente.

Con estas aportaciones se pretende generar un registro sobre la respuesta óptica y comportamiento espectral de los pigmentos inorgánicos empleados como veladuras, con el objeto final de mejorar la legibilidad y comprensión de estos en técnicas de imagen multibanda al darse en casos reales.

Palabras clave: pigmentos inorgánicos, veladuras, imagen multibanda, microscopía superficial, FTIR.

Glazes with inorganic pigments (15th-18th centuries). Experimental reconstruction and multi-technique characterization

Abstract

The present work addresses a characterization with various imaging techniques of inorganic pigments used as glazes, due to the suitability of their translucent nature. The study is carried out from the realization of 16 test tubes with sequences of glazes of inorganic pigments, applied on grisailles of 9 basal pigments. It is a historical pigmentary selection, as they are materials used recurrently in painting, at least until the 18th century, although the time limit is defined by the validity of the pictorial technique of glazes. To assess the transformation effect of such glazes, they have been applied to degraded chromatic grisailles, using vine black, ochre, natural sienna, natural shade, burnt shade, iron red, vermilion, green earth and azurite, lightened with lead white for gradient tones and agglutinated with linseed oil. In turn, the glazes of inorganic pigments have been applied following the procedure recorded in historical sources. They have been bonded with an oil-resin mixture, made up of linseed oil and mastic resin, which favors the formation of translucent layers allowing faster drying.

Next, a multi-technical study has been carried out, starting from a multiband image recording, comprising different bands of the spectrum: visible (VIS and UVL) and infrared (IR), also producing the false color infrared image (IRFC). To this has been added the registration with superficial optical microscopy of polarized light. In the same way, to extend the study beyond the image, the analysis by means of Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) of the different pigments used has been included, in order to be able to interrelate the aspects observed in their spectral behavior and obtain a coherent reading.

With these contributions, it is intended to generate a record of the optical response and spectral behavior of the inorganic pigments used as glazes, with the ultimate goal of improving their legibility and understanding in multiband imaging techniques when they occur in real cases.

Keywords: inorganic pigments, glazes, multiband imaging, surface microscopy, FTIR.

Veladures amb pigments inorgànics (ss. XV-XVIII). Reconstrucció experimental i caracterització multi-tècnica

Resum

El present treball aborda una caracterització amb diverses tècniques d'imatge de pigments inorgànic emprats com a veladures, per la idoneïtat de la seva naturalesa translúcida. L'estudi es duu a terme a partir de la realització de 16 provetes amb seqüències de veladures de pigments inorgànics, aplicats sobre grisalles de 9 pigments basals. Es tracta d'una selecció pigmentària històrica, en ser materials emprats de manera recurrent en la pintura, almenys fins al segle XVIII, si bé l'acotació temporal ve definida per la vigència de la tècnica pictòrica de les veladures. Per a valorar l'efecte de transformació de tal veladures, aquestes han estat aplicades sobre grisalles cromàtiques degradades, utilitzant per a això, negre de vinya, ocre, siena natural, ombra natural, ombra torrada, vermell fèrric, vermelló, terra verda i atzurita, aclarits amb blanc de plom per als tons degradats i aglutinats amb oli de llinosa. Al seu torn, les veladures de pigments inorgànics, s'han aplicat seguint el procediment consignat en fonts històriques. S'han aglutinat amb una mescla d'oli-resina, composta per oli de llinosa i resina de llentiscle, que afavoreix la conformació de capes translúcides permetent un assecat més ràpid.

A continuació, s'ha procedit a un estudi multi-tècnic, partint d'un registre d'imatge multibanda, comprnent diferents bandes de l'espectre: visible (VIS i UVL) i infraroig (IR), produint a més la imatge infraroja de fals color (IRFC). A això s'ha sumat el registre amb micròscopia òptica superficial de llum polaritzada. De la mateixa manera, per a ampliar l'estudi més enllà de la imatge, s'ha inclòs l'anàlisi mitjançant espectroscòpia infraroja per transformada de Fourier (FTIR) dels diferents pigments emprats, per a poder interrelacionar els aspectes observats en el seu comportament espectral i obtenir una lectura coherent.

Amb aquestes aportacions es pretén generar una registre sobre la resposta òptica i comportament espectral dels pigments inorgànics emprats com a veladures, amb l'objecte final de millorar la llegibilitat i comprensió d'aquests en tècniques d'imatge multibanda en donar-se en casos reals.

Paraules clau: pigments inorgànics, veladures, imatge multibanda, microscòpia superficial, FTIR.

Contenido

1. Introducción.....	2
2. Objetivos	4
3. Metodología.....	5
4. Estado de la cuestión	6
5. Instrumentación y materiales.....	7
5.1. Instrumentación.....	7
5.1.1. Multiband.....	7
5.1.2. Microscopía óptica.....	8
5.1.3. FTIR.....	8
5.2. Materiales.....	9
5.2.1. Pigmentos basales	9
5.2.2. Pigmentos veladuras	12
5.2.3. Oleo-resina.....	15
5. Producción experimental	16
5.1. Preparación de las tablillas	16
5.2. Grisallas de tonos basales.....	16
5.3. Veladuras pigmentos inorgánicos	22
6. Resultados	31
6.1. Microscopía.....	31
6.1.1. Pigmentos basales o pigmentos de base.....	31
6.1.2. Veladuras	33
6.2. Multiband.....	37
6.3. FTIR.....	55
7. Conclusiones	57
8. Bibliografía.....	58
9. Índice imágenes.....	62
10. Índice tablas.....	64
Anexo I. Relación de pigmento y aceite aglutinado.	66
Anexo II. Correlación proporción y degradado de grisallas en pigmentos basales	67
Anexo III. Microscopía	69
Anexo IV. Resultados FTIR.	89
Agradecimientos.....	94

1. Introducción

La percepción del color en ocasiones no es el resultado de observar una tinta plana, sino que se obtiene por la superposición de tonos translúcidos. Las veladuras confieren al color cierta matización, transformando el modo en que lo apreciamos hasta alcanzar modificaciones significativas.

Se considera necesario el estudio de las veladuras por ser una materia escasamente trabajada. Por una parte, su sistematización nos permite comprender mejor el nivel de sofisticación de la pintura en una determinada época y área geográfica, facilitándonos entender el grado de desarrollo técnico de una determinada sociedad y aportándonos una valiosísima información sobre los procedimientos y materiales de una determinada escuela o tendencia formal en el eje espacial-temporal. Por otra parte, el estudio de las veladuras, en lo alusivo a la conservación de las obras de arte, nos permite entender la realidad misma de muchas pinturas, reconociendo su presencia para evitar que pasen por estratos de suciedad o barnices envejecidos. De hecho, las veladuras son eliminadas en ocasiones confundiendo con parte del barniz oxidado, como puede acontecer, por ejemplo, con las de tonos tierras, empleadas para matizar colores o crear profundidad en las sombras (Brandi, p. 89). Generar un compendio donde se recogen veladuras de diferentes tonos da una idea al conservador-restaurador sobre la apreciación del color y la interacción con el color basal. Esto es aplicable a otros campos de estudio, como la Historia del Arte o ámbitos específicos como la denominada *Technical ArtHistory*.

El presente trabajo incluye una contextualización de las veladuras pictóricas, partiendo con el estudio teórico sobre la realización de estas, su naturaleza e historia para abordar, a continuación cuatro aspectos fundamentales: su apreciación visual y la descripción de su comportamiento reológico; la relación microscópica óptica e interacción cromática acontecida entre la veladura y el tono subyacente o basal; la respuesta ante la exposición en diferentes bandas del espectro mediante ciertas técnicas de imagen multibanda (MBTI); y, por último, su caracterización analítica mediante espectroscopía infrarroja transformada de Fourier (FTIR).

Los pigmentos tienen mayor o menor capacidad de cubrir estratos subyacentes, en relación con su opacidad. Algunos pueden poseer una mayor o menor transparencia en función de sus aglutinantes, aunque, en general, un medio oleo-resinoso permite que puedan gradarse para velar tonos inferiores. El estudio reológico da lugar a entender el comportamiento de los pigmentos y el diverso uso que se hace de ellos. Por ello no todos los pigmentos se han utilizado como veladura, pues se ha atendido a su naturaleza translúcida u opaca.

En términos microscópicos, la superposición de partículas de un pigmento sobre otro produce la mezcla óptica de la que es resultante el tono observado. El resultado de la observación microscópica no es siempre el esperado, algunos pigmentos por su composición cristalográfica y química pueden ser semejantes y comportarse de modo distinto. En suma, se alcanza mejor a comprender la relación entre la observación microscópica y macroscópica.

Para entender con mayor profundidad el comportamiento de los pigmentos, el trabajo incorpora un análisis espectroscópico infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR), puesto que en ocasiones el estudio multibanda no se ha considerado determinante (Cosentino, 2015). De hecho, los grupos funcionales obtenidos mediante FTIR pueden relacionarse con el comportamiento espectral de los pigmentos.

Para evaluar tal comportamiento en diversas bandas del espectro se recurre al *imaging*. En ese sentido, se ha optado por un estudio mediante multibanda. Se trata de un sistema no-invasivo, que aporta gran cantidad de información; rápido, transportable y económico, en comparación con otro instrumental. Se plantea como buena solución en primera instancia, cuando no es posible la toma de muestra o es necesario estudiar grandes superficies mediante la confrontación de imágenes, una técnica de análisis al alcance del conservador-restaurador, que no debe infravalorarse. De hecho, cada una de las bandas del espectro aporta información característica sobre cada pigmento, mientras que la comparación transversal de todas ellas a través de diagramas de flujo permite definir aspectos de comportamiento espectral característicos de un determinado pigmento. El rango visible (VIS) evidencia el color observado y se emplea como punto de partida para la comparación, permitiendo además entender el fenómeno descrito en términos microscópicos. Por su parte, la imagen de luminiscencia visible inducida por ultravioleta (UVL) permite observar el

fenómeno de fotoluminiscencia que presenta cada pigmento, permitiendo además evaluar mejor la capacidad cubriente. Por otra parte, la fotografía infrarroja (IR) muestra el característico comportamiento de cada materia ante la radiación homónima, lo que se traduce en una respuesta absorbente, transparente o reflectante en cada pigmento. Por último, el infrarrojo de falso color (IRFC) al combinar VIS e IR, en una imagen de color irreal genera un tono distintivo para cada materia, lo que permite en ocasiones llegar a mapearlas y distinguir entre dos pigmentos de análogo color por su diversa respuesta cromática en IRFC.

Además, este estudio resulta enriquecedor en términos pedagógicos en múltiples aspectos, ya que permite comprender la percepción del artista al manipular y emplear los pigmentos, los examina con herramientas analíticas básicas, para intentar, en fin, comprenderlos como un conservador-restaurador.

El presente trabajo se realiza como Trabajo Final de Máster de la Universitat Politècnica de València, estudio de las veladuras de pigmentos inorgánicos, como investigación integrante y complementaria a la desarrollada por Aracha Llacer (2021), que abarcaba el estudio de veladuras con pigmentos orgánicos o lacas. De este modo se cierra el círculo de la caracterización esencial multiband de las principales veladuras orgánicas e inorgánicas, presentes en la pintura durante la Edad Media y la Edad Moderna.

2. Objetivos

El propósito general del presente trabajo es realizar un estudio multiétnico sobre veladuras, que consienta su caracterización mediante técnicas de imagen en diversas bandas del espectro. Para ello, se han establecido los siguientes objetivos específicos:

- Reproducir veladuras con pigmentos inorgánicos aplicados en gradiente, según estipula la literatura, sobre bases de escalas cromáticas de pigmentos históricos, utilizando una serie de probetas que permitan su posterior documentación y caracterización
- Documentar las particularidades reológicas propias de cada pigmento utilizado, para describirlo sensorialmente, observando su comportamiento y así generar un compendio orientativo sobre las proporciones necesarias para el correcto aglutinado de los pigmentos, tanto para el trabajo con óleo como para oleo-resina.
- Obtener unos resultados y valoración en el campo visual a través de parámetros tales como; poder cubriente, homogeneidad, visibilidad de la partícula y porcentaje de pigmento por oleoresina.
- Estudiar y caracterizar las veladuras realizadas a través microscopia óptica bajo luz polarizada (MO), para entender cómo se comportan en términos microscópicos las veladuras a la hora de generar la suma de color.
- Acometer un registro *multiband* aplicando técnicas de imagen en diferentes rangos espectrales: (visible (VIS), luminiscencia ultravioleta (UVL), infrarrojo (IR) y postproducción de infrarrojo de falso color (IRFC),
- Analizar los pigmentos utilizados mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), para poder comprender mejor la apariencia y características de comportamiento en las diversas bandas del espectro.

En términos de competencias didácticas, cabe señalar que un objetivo simultáneo a lo largo de todo el trabajo es demostrar las capacidades transversales, de aprendizaje como comprensión y aplicación de conocimientos, análisis y resolución de problemas, pensamientos crítico o conocimiento sobre instrumentación contemporánea, adquiridas durante los estudios cursados en el Máster en Conservación y Restauración de Bienes Culturales.

3. Metodología

El estudio de pigmentos aplicados por superposición de colores translucidos o veladuras tiene marcado carácter transversal, de tal forma que abarca tres bloques metodológicos para su análisis. Al primer bloque aborda la aproximación teórica, puesto que la literatura no ofrece mucha información, se debe indagar para generar una base sobre la que plantear de forma fehaciente la manufactura de las veladuras.

El segundo bloque trata sobre el carácter práctico- experimental, en la cual acontece la elaboración de las probetas y las mezclas de pigmentos. Ofrece la oportunidad de comprender el comportamiento de los pigmentos, entender su carácter en el trabajo y la naturaleza del mismo, de tal forma que se llegue a la reología de los pigmentos y las diferentes mezclas a través de su ensayo.

Por último, el bloque técnico- analítico, proporciona el estudio para la caracterización de los pigmentos estudiados por medio de diferentes técnicas de análisis de imagen, como microscopía óptica, multiband

La conjunción de estos tres aspectos metodológicos confiere al estudio un carácter global para alcanzar la interpretación de los datos obtenidos. Se describe la investigación desempeñada en los diferentes bloques de forma esquemática a continuación.

Bloque teórico

- Investigación de las fuentes literarias las cuales puedan aportar conocimientos sobre la tecnología de los materiales y técnicas a lo largo de la historia, centrándose en la creación de veladuras y los pigmentos que las componen.
- Búsqueda de información sobre las técnicas de análisis a emplear, microscopía óptica, multiband y espectroscopía por transformada de Fourier.
- Cribado en búsqueda de información sobre recetas donde la cantidad de los materiales empleados sea cuantitativa, a fin de ser reproducida la metodología pictórica.
- Interpretación y comprensión de los datos documentales obtenidos, alcanzando un carácter práctico y funcional para su uso.

Bloque práctico-experimental

- Realización de las probetas, mediante tablillas y preparación de naturaleza proteica y carga inerte.
- Elaboración de las mezclas necesarias de pigmentos y aceite de linaza, en relación de su capacidad según el pigmento.
- Cuantificación de las proporciones necesarias para la correcta degradación de la grisalla.
- Realización de las veladuras y aplicación en diferentes concentraciones de oleo-resina y pigmento.

Bloque técnico-analítico

- Observación por microscopía óptica polarizada.
- Estudio mediante técnica *imagin* multiband, con rango visible (VIS), luminiscencia ultravioleta (UVL), infrarrojo (IR) y postproducción de infrarrojo de falso color (IRFC).
- Análisis por espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR).
- Interpretación de los resultados obtenidos.

4. Estado de la cuestión

Los pigmentos históricos han suscitado curiosidad en investigadores, historiadores y conservadores por la naturaleza alquímica en su obtención, por su dimensión sociológica y por sus implicaciones en materia de conservación. Así desde los estudios de Merrifield (1867) o Thompson (1956), centrados en el análisis de las fuentes, a lo largo del siglo XX se ha compilado información de sus diferentes facetas en multitud de libros, tales como el *Painting Materials* (Gettens 1966), *Pigment Compendium* (Eastaugh, 1988), *Artists' pigments* (3 volúmenes 1985, 1993 y 1997), *Materiales y técnicas* (Mayer, 1988), Doerner (2001), etc.

En estos últimos, en cambio, desde un prisma positivista, los pigmentos se han estudiado en un sentido científico, acorde a la tecnología innovadora del momento. Últimamente se han ido incorporando estudios de imagen, ya fuera a través de microscopia, tanto superficial como estratigráfica, o métodos como el sistema multibanda.

La realización de veladuras, o el compendio sobre su técnica, rara vez es abordado dentro de los tratados artísticos. Autores como Cesare Brandi las consideran un “ingrediente interno y secreto” (Brandi, 2012, p. 91), por ser utilizadas como recurso para finalizar la obra. Sin embargo, sí que hay autores, como Teófilo o Leonardo Da Vinci, que hablan de superponer colores, dando lugar a tonos subyacentes matizados con tonos translúcidos. Se emplea el término velar por primera vez por Giovanni Battista Armenini en 1587, en el tratado *De veri precerri della pintura* (p. 125) en el que se menciona “...e cosi accompagnato, sii ben velato tutto igualmente con un penello grosso di vaio”¹ A partir del siglo XV la escuela flamenca las utiliza con una técnica depurada, pero se emplea desde el Quattrocento (Zalbidea, 2014, p. 71).

Por último, es necesario advertir que, pese a lo banal del tema, son muy escasas las publicaciones que recogen sistemáticamente el empleo de este tipo de recursos. De hecho, se trata de un tema en desarrollo y crecimiento en los últimos años, al que está presetándosele cada vez mayor interés. Aportaciones como *Della mutazione de colori trasparenti* (Herrero-Cortell, et al. 2020) la tesis de Giulia Gollini *Potenzialità della tecnica d' imaging iperspettrale per lo studio di pitture a olio in presenza di velatura* (Gollini, 2020), o artículos como *The changes of transparent colours in being laid upon others'* (Herrero-Cortell, et al. 2021), constituyen buenos ejemplos de esta línea de investigación. Finalmente, es necesario advertir que este trabajo emana del Trabajo Final de Master de Arancha Llacer (Llácer, 2021), consistente en el estudio de los pigmentos orgánicos a través de diversas técnicas de imagen multibanda.

¹ Y cuando se acompañe se debe velar todo por igual con un pincel de ardilla.

5. Instrumentación y materiales

5.1. Instrumentación

Las técnicas empleadas en el presente trabajo son la microscopía óptica (MO) superficial, multibanda y análisis de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR). La lógica marca que la microscopía óptica se explique primero, está vinculada a lo visible con mayor aumento, pero tanto microscopía como FTIR van a aportar resultados de lectura que acompañan a los resultados obtenidos en el multiband, por ello se procede a explicar esta técnica primero.

5.1.1. Multiband

El sistema de imagen técnica multibanda aplicado a obras de arte comprende la documentación de estas en diferentes bandas del espectro. La información se obtiene por medio de fotografías en visible, pero también en las bandas UV e IR. Cada técnica multibanda tiene valor por sí mismo, pero si se combinan la información obtenida es mayor (Herrero-Cortell, et al, 2018).

La obtención de imágenes multibanda se fundamenta en la exposición de una materia a diferentes rangos espectrales por medio de diferentes sistemas. El conjunto de imágenes espectrales no responde a un calibre específico, sino que trata de utilizar la mayor amplitud de la banda en las que son adquiridas, en función del sensor. En ocasiones este término se ha tergiversado equivocadamente con el de imagen multiespectral. Sin embargo, la imagen multiespectral está calibrada, con filtros de ancho de banda de decenas de nanómetros, para adquirir una secuencia en bandas espectrales estrechas de número limitado (Picollo, 2019, p.15).

Es una técnica cada vez más extendida por ser sencilla, fácil de transportar y asequible en comparación con otras, pero sobre todo por ser no invasiva; arrojar información sobre materiales, procedimientos y estado de conservación, y por ser capaz de adaptarse a múltiples soportes. En la actualidad el sistema multibanda se presenta como una herramienta capaz de contribuir al mapeo preliminar de ciertos pigmentos, si bien para mayor rigor se aconseja el estudio por medio de otros sistemas analíticos para una identificación concluyente (Cosentino, 2015).

Durante el presente estudio se han obtenido imágenes técnicas con luz visible (VIS), ultravioleta (UVL) e infrarrojo (IR). A partir de las imágenes de luz visible e infrarrojo se ha procesado la imagen de infrarrojo de falso color (IRFC).

El conjunto de imágenes técnicas se han adquirido con una cámara Nikon D800 modificada *full spectrum*, para tener sensibilidad entre 360 y 1100 nm el espectro (Cosentino, 2014, p.2). Para la fotografía visible e infrarroja e han empleado dos focos halógenos Pro-foto de 1250 W, posicionados a 45°, equidistantes a la cama fotográfica, de luz cálida con radiación infrarroja. Se ha cribado el espectro mediante filtros según la necesidad de la imagen tomada, especificado a continuación en cada apartado. La obtención de cada una de las imágenes se especifica a continuación.

Visible (Vis)

La banda espectral visible (VIS) se delimita entre 400 y 780 nm. Se aprecian los pigmentos con el color percibido por el ojo humano. La iluminación es la nombrada con focos halógenos. Se filtra la respuesta recibida con el filtro X-Nite CC1, que corta el rango UV y el rango IR, dejando apertura solo en la banda VIS. Esta imagen se emplea para la realización de la imagen de infrarrojo de falso color.

Luminiscencia ultravioleta (UVL)

El fenómeno de la luminiscencia se fundamenta en la respuesta de la materia a una excitación, por diferentes medios, la cual tras su exposición emite radiación electromagnética (Bacci, 2029, p. 29). La respuesta que se obtiene es clasificada como fotoluminiscente, cuando su origen es electromagnético, como sucede en el caso del ultravioleta.

Dentro de la luminiscencia se encuentran dos denominaciones, fluorescente y fosforescente. La diferencia entre ambas radica en el tiempo de respuesta de la materia, en el caso de la fluorescencia es comprendida entre 10^{-10} a 10^{-7} segundos, y en la fosforescencia es de 10^{-3} a 10 segundos. La radiación que percibimos como fluorescencia es entonces la que es producida mientras se lleva a cabo la observación, durante la radiación, y la fosforescencia es la observada durante y tras la radiación, tan solo 10 segundos (*Ídem*, 2019, p.30), valores que no podemos cuantificar en este experimento por lo que hablaremos en todo momento de luminiscencia. La luminiscencia visible inducida por UV puede emplearse para el examen visual directo o por registro fotográfico.

Existen dos tipos de lámparas, con longitud de onda larga o UVA, que comprende entre 320 y 400 nm, y lámparas de longitud de onda corta o UVC, de 185 a 280 nm (Webb, 2029, p. 35).

La lámpara UV empleada para este trabajo ha sido de la casa CHSOS, denominada Fabrizio, con 110-220 V. Se trata de una lámpara con potencia de radiación UV LED de 14250 mW, emisión espectral máxima 365 nm, y emisión de ruido visible e infrarrojo no detectable. Se considera apta por el uso de filtro para que tan solo pase la emisión UV. La luminiscencia obtenida se produce en el rango visible por lo que se filtra con el mismo filtro que en la imagen visible X-Nite CC1.

Infrarrojo (IR)

La imagen infrarroja se obtiene en una banda entre 700 y 1100 nm. Similar a la reflectografía infrarroja, se obtiene respuestas similares, pero la longitud de onda entre 1100 y 2500 nm. Esta técnica muestra si el pigmento ante IR es absorbente, transparente o reflectante (Cosentino, 2014, p.7). Se emplea el filtro Heliopan-1000, que se abre a partir de 900 nm.

Infrarrojo de falso color (IRFC)

La imagen obtenida bajo el nombre infrarrojo de falso color es una imagen híbrida, posproducida por el intercambio de las capas del modo RGB de la imagen digital. Se parte de las imágenes VIS e IR de cada tabla, las cuales se vuelcan en el programa Adobe® Photoshop® con un perfil de color incrustado que coincida con el espacio de trabajo en RGB, se hacen coincidir ambas imágenes y se sustituyen sus diferentes capas, intercambiando los canales rojos por verde, verde por azul y el rojo es sustituido por la imagen IR (Herrero-Cortell et al, 2022, p.3).

5.1.2. Microscopía óptica

La caracterización morfológica, estructural y visual de las partículas se ha realizado por medio de la microscopía óptica superficial que además permite un análisis de forma y espesores de la capa. Se ha empleado el instrumento Dino-Lite Digital Microscope, entre las características técnicas que presenta se encuentra que la luz emitida es polariza, por lo que se atenúan los brillos de las muestras y permite una amplia variación de configuración ópticas. Esta observación ha permitido apreciar la naturaleza física de los pigmentos, asociar y comparar la percepción visual observada a diferentes aumentos (50 y 200).

5.1.3. FTIR

La técnica espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) permite caracterizar muchos compuestos inorgánicos, de origen animal o sintético. Se fundamenta en el análisis de moléculas para la caracterización de grupos funcionales. La materia se expone a luz infrarroja, de tal forma que esta es absorbida en relación con los enlaces de los átomos de las moléculas, diferentes bandas de absorción, al absorber diferentes longitudes de onda de la radiación infrarroja, vibran de formas diferentes (Mettler, s.f.).

La transformada de Fourier conjuga la respuesta en IR y el número de longitud de onda al que ha sido absorbido, esto da lugar al espectro que se observa como resultado. La respuesta de una materia determinada

es siempre la misma por lo que se puede asociar los resultados obtenidos con determinados grupos funcionales, por lo que la interpretación de estos resultados determina los diferentes grupos funcionales representativos de la muestra (Maidana, 2017, p.21).

5.2. Materiales

5.2.1. Pigmentos basales

Se han seleccionado 9 pigmentos, que han sido aplicados en cada una de las 16 tablillas con degradación monocromática hacia el blanco. Los pigmentos se han escogido como muestra representativa por su empleo, en un lapso de tiempo entre la Edad Media y el siglo XVIII. A saber: ocre, tierra siena natural, tierra sombra natural, tierra sombra tostada, rojo férrico, bermellón, negro de vid, tierra verde y azurita. Estos se aglutinan en aceite de linaza, a proporciones variables en relación de las sus necesidades, recogidas en el *Anexo I Relación de pigmento y aceite para ser aglutinado*.

El gradiente de los tonos se consigue por la incrementación paulatina del pigmento blanco de plomo, especificado en el *Anexo II Correlación de proporción de degradado de las grisallas*.

El comportamiento de dichos pigmentos, su carácter organoléptico y diferentes especificaciones aparecen expuestas de forma pormenorizada en el apartado 5.2. *Grisallas de tonos basales*. Para comprender determinadas características propias de los mismos se realiza previamente un estudio en base a fuentes documentales.

Del mismo modo, se especifica en la siguiente tabla (Tabla 1) la empresa suministradora para la consideración a efectos oportuno sobre la variabilidad que pueda acontecer.

Pigmentos empleados para tonos basales		
Tono	Empresa suministradora	Número de referencia
Blanco de plomo	Kremer	46000
Ocre	cts	0324
Tierra siena natural	cts	0263
Tierra sombra natural	cts	0266
Tierra sombra tostada	cts	0261
Rojo Herculano	cts	0316
Bermellón	Kremer	42000
Negro de vid	Kremer	47000
Tierra verde	cts	0264
Azurita	kremer	10200

Tabla 1. Pigmentos empleados para tonos basales

5.2.1.1. Blanco de plomo

El carbonato básico de plomo, o blanco de plomo, es conocido desde la antigüedad, denominado por los romanos cerusa. Se trata de un pigmento opaco y denso. Su formulación es $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ y su composición, aproximadamente, es del 70 por ciento carbonato de plomo y 30 por ciento hidrato de plomo. En la naturaleza se presenta el carbonato de plomo como el mineral cerusita, pero no ha sido empleado habitualmente como pigmento (Gettens, 1966, p. 174).

El blanco de plomo fue de los primeros pigmentos preparados artificiales, como marcan los tratadistas Plinio y Vitruvio, entre otros, se elaboraba a partir de plomo metálico y vinagre. En un recipiente se depositaba vinagre y suspendido en el interior, sin tocar el líquido, unas tiras de plomo, dejando reposar 8 semanas. Mediante este método se obtendría acetato de plomo, no carbonato de plomo básico, también llamado clara de plomo. Textos medievales muestran que este producto se tostaba al sol, pudiendo transformarse en carbonato de plomo en medios básicos. Sin embargo, en el siglo XVII se describió su realización en contenedores no estancos, donde podía salir el vapor de ácido acético e introducirse dióxido de carbono, así conformar carbonato de plomo y acetato de plomo (Harley, 1982, p.166-168). Del mismo modo se introducía estiércol, consiguiendo una fuente de calor y emisión de dióxido de carbono que al

descomponerse conforma carbonato básico de plomo, hidroceurista, y carbonato de plomo neutro, cerusita (Panet, 2002, p.87). Este método también es denominado proceso holandés o de pila (Gettens, 1966, p.174)

También denominado blanco plateado, blanco francés o blanco de Cremmitz, es utilizado por los artistas aglutinado en la mayoría de las ocasiones con aceite, medio en el que es altamente estable, si bien también se ha aglutinado en ocasiones con goma arábiga, en la consecución de acuarelas que, no obstante, se ennegrecían al cabo de un par de meses, por la exposición al sulfuro de hidrogeno del aire. Para esta técnica se sustituyó por el blanco Flemish, realizado a partir de blanco de plomo se añadía ácido sulfúrico, obteniendo sulfato de plomo (Harley, 1982, p.172).

La partícula es pequeña pero cristalina. Parte de la molécula del blanco del plomo es hidróxido de plomo $Pb(OH)$ que al juntarse con aceite de linaza puede generar jabón de plomo, linoleato de plomo, dando lugar a superficies homogéneas, duras y no porosas. Tiende a amarillear, incluso en interior con oscuridad, y oscurecer en contacto con pigmentos compuestos por sulfuros, o incluso por contacto con el aire, atenuado su efecto por la acción del aceite o barnices (Gettens, 1966, p.175).

5.2.1.2. Ocre

El pigmento ocre puede encontrarse con diferentes matizaciones de color, desde el amarillo pálido a marrón rojizo. Su variación depende de la composición química, aunque, esencialmente, siempre presenta sílice y arcillas, con óxido de hierro hidratado, y como principal mineral de este la goethita ($Fe_2O_3 \cdot H_2O$). El tono marrón lo da al ser predominante la limonita. Mientras que otros tonos blanquecinos pueden tener mayores impurezas de yeso o carbonato de magnesio (Gettens, 1966).

Surge de manera natural. Denominado en Grecia *Ochra*, era ampliamente utilizado por el casual descubrimiento de una gran veta en Atenas, dentro de una mina de planta (Vitruvio, libro 7, capítulo 7). Plinio también nombra a Turquía, Francia e Italia como lugares donde se extraía tierra amarilla, siendo la del Ática la más clara y cara, desechando las oscuras como sombras (Plinio, libro 33, cap. 159 [Berrie, 2007]). Cennino Cennini reitera la apreciación sobre su extracción cerca de roma, encontrándose el *más lindo y perfecto color de ocre* (Cennini, 2008, p.55) Durante el siglo XVIII el ocre amarillo era trasladado desde Francia a Holanda, donde se calcinaba para la obtención de óxido de hierro rojo, pasado el siglo XIX la calcinación se producía junto a las minas de extracción (Berrie, 2007, p.65).

En cuento a la técnica pictórica, puede emplearse aglutinantes grasos y magros indistintamente, con oleo se puede notar secado más lento con relación al tipo de ocre (Herrero-Cortell, 2019, p.160). Se ha empleado para multitud de recursos: ropajes, encarnaciones, paisajes, etc. (Cennini, 2008, p.56).

5.2.1.3. Tierra siena natural

La denominación para este pigmento se empleó antes de 1700, pero no es hasta la segunda mitad del siglo XVIII que empezó a leerse en tratados ingleses e italianos, siendo los primero en utilizarlo Dossie. El término se generalizó a finales del siglo XIX (Berrie, 2007, p.45). Son más cálidos, transparentes y puros que otras tierras amarillas. En comparación con los ocres contienen entre 46-60% de óxido de hierro, mientras que el ocre tan solo muestra del 13 al 33%. Su transparencia se ve ligada a los silicatos y aluminatos que la componen, pero también a pequeñas partículas de goethita (Berrie, 2007, p.60).

5.2.1.4. Tierra sombra natural y tierra sombra tostada

Las tierras sombras se componen de manganeso. Su color varía en relación a la manipulación que tuvieran, así al ser pasadas por el horno se conseguía una tonalidad más oscura, sombra tostada. Las tierras sombras se comercializaban a través de Venecia donde eran exportadas desde Chipre (Herrero-Cortell, 2019, 249).

La nomenclatura sombra, para referirse a este tipo de tierras, no fue utilizado hasta el siglo XVI, momento en el que empezó a aparecer en los tratados italianos como *terra d'ombra*, probablemente derivado de su uso para zonas sombreadas. La diferencia con los marrones orgánicos la estableció Lomazzo, denominándolos asfalto o momia. Aunque la relación de nombre y pigmento con naturaleza determinada era confusa entre el siglo XVIII y XIX. Confundido en ocasiones con tierra de colonia y sombra Caledonia (Berrie, 2007, p.45).

5.2.1.5. Rojo férrico

El ocre rojo, también llamado tierra roja o rojo de Venecia, pero este presenta mayor brillo, saturación y es permanente. Como todos las tierras rojas y rojos férricos naturales y artificiales, presenta una composición química que contiene hematita (Fe_2O_3) y goetita ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) que le dan su característico color rojo (Doerner, 2005, p.59 y 60). Vitruvio apunta que la tierra roja, o almagre, se extraía de muchos lugares, Sinope (Ponto), Egipto e Islas Baleares (España), pero no era de buena calidad (Vitruvio, libro 7, capítulo 7, p.92). En el siglo XVIII, los nombres se transferirán del pigmento natural al manufacturado indistintamente, por ello se hace difícil encontrar referencias donde se sepa con exactitud sobre que pigmento están hablando. Los pigmentos como el rojo veneciano y el marrón español, denominado rojo inglés pasado el siglo XVIII, se comercializaban como óxidos de hierro manufacturados (Harley, 1982).

Se trata de un color permanente y opaco. Existen rojos férricos de diferentes tonalidades con diferentes nomenclaturas. El rojo amarillento o escarlata es rojo claro, con matiz azulado se denomina rojo indio y cuando el tono es violáceo rojo o violeta Marte (Mayer, 1993, p.57).

5.2.1.6. Bermellón

El bermellón es un sulfuro de mercurio de origen artificial, pero de idéntica composición al cinabrio, que es su forma natural. La obtención del Bermellón durante la Edad Media era por técnica seca, se mezclaba azufre con mercurio y se destilaba, emitiendo vapor de mercurio. Ya en el siglo XVII se producía por técnica húmeda, el azufre se mezclaba con mercurio y agua caliente, del cual se obtenía sulfuro de mercurio de color negro, a este se añadía sulfuros alcalinos para la obtención del rojo característico (Palet, p.88).

En la actualidad se factura a partir de una solución concentrada de tiosulfato sódico ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), sin calentar, esta se añade a una disolución calentada de cloruro de mercurio (HgCl_2) en agua, se lleva a ebullición controlada hasta que sedimenta un precipitado de color rojo sucio, se elimina el mercurio soluble. A este se le añade una solución de sulfuro sódico (Na_2S), si es diluida tarda más en desarrollarse y se obtiene un tono carmín, si la solución es media o elevada se obtiene un tono entre rojo brillante y anaranjado (Palet, p.88). Fue el rojo más importante de las paletas pictóricas hasta bien entrado el siglo XX, cuando vino a ser substituido por el cadmio.

5.2.1.7. Negro de vid

El pigmento negro de vid es similar al carbón, pero este tiene color azulado, dota de esta tonalidad a la grisalla realizada son blanco (Gettens, 1966, p.173). El negro de vid está considerado un color magro. Se obtiene de la calcinación de los sarmientos de viña, una vez quemados se apagan con agua y se muelen, cuanto mayor es la molienda mejor en el tono (Cennini, 2008, p.49 y 50).

5.2.1.8. Tierra verde

Compuesto por arcillas silíceas como celadonita y glauconita, lo constituyen los minerales hierro, aluminio, magnesio y potasio, entre otros. Puede contener cronstedtita y clorita (Price, 2015, p.50) No es muy brillante, con una opacidad semi-transparente bajo el uso de oleo como aglutinante, pero toma mayor cuerpo con el uso de agua (Harley, 1982, p. 76). El color de la tierra verde puede variar de grisáceo a verde claro, por la combinación de celadonita y glauconita. Aun siendo ambas de naturaleza arcillosa la celadonita tiene origen volcánico, mientras que la glauconita es de origen sedimentario. La celadonita aporta colores verdes más oscuros y profundos que la glauconita, la cual tiene tonos amarillentos. Sin embargo, las partículas inferiores a $2 \mu\text{m}$ son incoloras (Eastaugh, 1998, p. 641).

El uso más extendido en occidente fue para tono base de encarnaciones y sombras, sobre todo en la pintura medieval, pero también era conocido como *prason*, palabra derivada del griego para puerro².

² En la antigüedad era confundido con la tierra verde por su denominación prasis y prasius, pero estas eran calcedonia. Del mismo modo, Isidoro de Sevilla también hace mención equívocamente en su enciclopedia sobre la tierra verde como prasina. Esta materia se cree que no se trata de tierra verde ya que era soluble, por la fina cristalinidad, pero no era terroso. En el siglo XV se hace distinción en los manuscritos italianos sobre la tierra verde y verde puerro (Feller, 1986).

5.2.1.9. Azurita

La azurita es un carbonato básico de cobre, $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$. Relacionado con la malaquita o la crisocola por ser minerales ricos en cobre. Es denominada también por su lugar de origen, Teofrasto la llamaba azul de Chipre y Vitruvio azurita Armentum (Eastaugh et al, 1986, p.39).

Es sensible al ácido, en medios como resina y aceite, los ácidos de estos pueden reaccionar con el cobre generando decoloración verdosa. Presenta dureza media, por lo que es algo difícil de triturar, pero menos que la malaquita. La caracteriza un brillo vidrioso, con color variable desde el azul celeste al azul intenso. Depende del tamaño de la partícula cuanto más grande es su tamaño más intenso es su color, a 30 μm es azul celeste, entre 40 y 60 μm el azul se vuelve más oscuro con cierto tono verde, a partir de 40 μm su textura arenosa es perceptible, a 80 μm el azul es intenso, pero es muy difícil de trabajar, 90 μm es el tamaño máximo para poder trabajar. La pureza del tono radica en la uniformidad en el tamaño de la partícula (Price, 2015, p. 43-44). Sus diferentes tonalidades se han empleado para los diferentes matices azules utilizados en los mantos de la Virgen (Arroyo et al. 2012).

4.2.2. Pigmentos veladuras

Las veladuras, definidas por Ralph Mayer (1988, p,189), “son mezclas de medios y colores transparentes (...) el color de la capa de abajo se combina con el de la veladura transparentes”. En el presente trabajo las veladuras se realizan con una mezcla de oleo-resina, determinada en el siguiente apartado, y pigmentos inorgánicos. La gama de pigmentos inorgánicos empleados para la realización de las veladuras se recoge a continuación en la tabla (Tabla 2).

La nomenclatura empleada para las veladuras puede variar según se vele con una tonalidad clara u oscura. Se emplean dos términos *glazing*, para superposición de las oscuras sobre tono claro, y *scumbling*, para las claras sobre tono oscuro (DeGhetaldi, 2010, p.10).

Pigmentos empleados para veladuras		
Tono	Empresa suministradora	Número de referencia
Amarillo de plomo y estaño	Kremer	10100
Minio	Kremer	42500
Blue Bice	Kremer	10184
Esmalte	Kremer	10000
Ultramar	Kremer	10510
Crisocola	Kremer	10350
Malaquita	Kremer	10310
Celadonita	Kremer	11010
Acetato de cobre	Kremer	44450
Reseda	Kremer	36262
Ocre habana	cts	0275
Pardo Van Dyck	cts	9260
Vivianita	Kremer	104000

Tabla 2. Pigmentos empleados para veladuras.

4.2.2.1. Amarillo de plomo y estaño

El amarillo de plomo y estaño es un estannato de plomo obtenido por una mezcla de minio (Pb_3O_4) y dióxido de estaño (SnO_2) calentado entre 650 y 800 °C (Doerner 2005, p. 49). Se empleó como sustituto de oropimente y en la industria vítrea para realizar esmalte de amarillo de plomo y estaño. Se la ha denominado como litargirio, massicot o giallolino, de forma errónea siendo diferentes compuestos. Su color es claro con

tendencia blanquecina, destaca su buena dispersión. Se empleaba como pigmento complementario con ocre para la representación de elementos dorados (Herrero-Cortell, 2019, p. 151-160).

4.2.2.2. Minio

El minio es una de las variantes de óxido de plomo que se encuentran ($2\text{Pb}_3\text{O}_4$) (Palet, 2002, p.92). Toma un color naranja llamativo característico. Se obtiene por el calentamiento del plomo de forma prolongada, se conocía también como plomo rojo, generalizándose el nombre de minio a partir del siglo XVII. Peacham, por errónea traducción, afirma que el minio es bermellón. Del mismo modo, Plinio utiliza el término del minio para referirse al cinabrio, y minio secundario para el plomo rojo. Podía hacerse partiendo de litargirio o por calcinación directa³. Su uso evidencia el rápido secado. Algunos autores como William lo catalogan como permanente, sin embargo, otros advertían del matiz grisáceo que tomaba y su durabilidad era puesta en duda. Massoul habla del aumento de la durabilidad del color en el rojo saturnino, como variante refinada el minio con agua destilada (Harley, 1982, p. 125).

4.2.2.3. Blue bice

También denominado azul Bremen, se trata de un hidróxido de cobre con carbonato de cobre. Se puede obtener con diferentes tonos azules con matices verdes e intensidad, también variable, de claro a oscuro, con una opacidad constante semi-opaca. No es permanente completamente y es tóxico, al tratarse de un compuesto del cobre. Comenzó a fabricarse en el siglo XVIII, pero dejó de usarse de forma extendida en el siglo XX (Mayer 1988, p. 36).

4.2.2.4. Esmalte

El esmalte es un vidrio amorfo, no cristalino, y presenta una composición variable a base de sílice, potasio, arsénico y cobalto. Para su realización se emplea potasa, sílice y mineral de cobalto previamente tostado y reducido a óxido de cobalto, de tonalidad negra. Si se modifica la composición sustituyendo la potasa por sosa se obtiene azul violáceo. En ambas versiones el esmalte es estable. Sin embargo, el de sodio puede reaccionar a los ácidos débiles y tornar gris. El esmalte presenta un color azul intenso, sin embargo, este no debe tener una molienda muy fina ya que pierde su poder colorante.

Se emplea en Europa desde el siglo XV hasta el siglo XVIII, descendiendo su consumo en el siglo XIX. Aparece con usos pictóricos, pero también en composición de vidrieras góticas y vidrio de Venecia, y como color azul en cochuras cerámicas (Palet, 2002, p. 75 y 76).

4.2.2.5. Ultramar

El ultramar natural, o lapislázuli, es un silico aluminato complejo, contiene azufre y sodio, $(\text{NaCa})_8(\text{AlSiO}_4)_6(\text{SO}_4\text{SCL})_2$ (Roy, 1993, p. 37). Se presenta como una mezcla diseminada de lazurita, diópsido, edenite, mica, calcita (carbonato de calcio), pirita (sulfuro de hierro), sodalita, forsterita y wollastonita. Se extraía en Afganistán y se exportaba a Venecia, desde ahí se distribuía, aunque también se encuentran yacimientos en Siberia y los Andes.

Su obtención es tediosa⁴. Por ello, en 1828 Jean Baptiste Guimet fabrica un homólogo artificial. Entre el natural y el artificial no hay diferencia cristalográfica, por lo que ante la difracción de rayo X dan la misma respuesta. Mientras que en microscopía sí son diferentes (Palet, 2002, p.78-80).

El azul ultramar natural es un pigmento sulfurado, por lo que se puede crear ciertas reacciones, en presencia de ácidos pierde sulfuros liberando ácido sulfhídrico, ocasionando decoloración. Sin embargo, con el blanco de plomo no se encuentra ennegrecimiento. Se utilizó para veladuras sobre el blanco de plomo y laca carmín (Palet 2002, p.78-80).

³ Después de ser lavada la molienda se lleva al horno durante dos o tres días a fuego bajo para no aglomerarse y que cambiase a un color incorrecto, durante este tiempo se debe remover con un rastrillo de hierro, el cual se colgaba sobre un gancho para aguantar su peso.

⁴ Según relata el tratadista Cennino Cennini se mezclaba el polvo de lapislázuli con trementina de Venecia, mastic y cera de abeja y se dejaba dentro de un trapo con aceite de linaza dentro de agua durante tres días, amasando 5 minutos al día. Pasado este tiempo se introducía en solución de carbonato de potasio, e iba soltando lapislázuli de mejor a peor calidad (Cennini, 2008, p.65-68).

4.2.2.6. Acetato de cobre

El acetato básico de cobre, o verdigrís, es un carbonato de cobre obtenido a partir de la exposición de láminas de cobre a vapor de ácido acético, normalmente vinagre. Su partícula es puntiaguda, con granos transparentes y de estructura fibrosa. Se emplea en un marco temporal del siglo XV al siglo XVIII, sobre obras pictóricas, pero también en iluminación de libros.

El mayor de los problemas que presenta el acetato de cobre es que no es estable, torna a marrón oscuro, de tal forma que pierde su vivo color. Este se conservaba de forma puntual en las miniaturas de los libros. Es un material pleocroico, cambia de verdoso claro a verde azulado (Gettns, p. 169)

4.2.2.7. Malaquita

También denominada verde *bice* en Inglaterra en el siglo XVII, la malaquita se relaciona con la azurita ya que ambas son carbonatos básicos de cobre. En el siglo XVIII en ocasiones se interpretaba como una mezcla de azul bice (esmalte en ese momento) y oropimente⁵. La granulometría es ciertamente tosca ya que al aumentar la molienda el pigmento se vuelve grisáceo y pálido (Harley, 1982, p. 79).

La malaquita es un hidroxicarbonato de cobre $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$, siendo muy similares se considera isomorfo de la azurita, ya que comparte forma cristalina y molecular pero no química (Eastaugh, 1998, p.39) Su apariencia es de bandas, por la estructura fibrosa interna, reflejada en los granos. Se forma en depósitos de mineral de cobre, como mineral secundario.

4.2.2.8. Crisocola

La crisocola es un silicato de cobre, $\text{CuSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Su nombre proviene del griego por su función para soldar oro, khrysos- oro y kolla-cola. Presenta un color similar a la malaquita, pero más azulado. Empleado desde el siglo XVI al siglo XVII en acuarelas. Este puede haber sido confundido en ocasiones en estos siglos con la malaquita por su nomenclatura alternativa verde cedro, describiéndose como un pigmento inorgánico de naturaleza del cobre⁶. Muy utilizada en algún momento cayó en desuso por dificultad en la obtención y pasaron a ser empleados otros pigmentos derivados del cobre (Harley, 1982, p. 77).

Su color es verde si se obtiene polvo fino con la molienda. Su partícula es amorfa o criptocristalino, estas al microscopio se observan como verde pálido o casi incoloro (Gettns, 1966, p.107). Es fácil de triturar (Price, p.47)

4.2.2.9. Celadonita

La celadonita es uno de los minerales que da color a las rocas que componen la tierra verde. En ocasiones se confunde con la glauconita por la similitud que presentan en la estructura cristalina, la composición y color. Perteneciente a la familia de las arcillas, está compuesta por aluminosilicatos, con otros elementos como hierro y potasio. Es un mineral bien definido por su lenta formación, acontecida en grietas de roca volcánica, de grosor no mayor a un centímetro cúbico. A diferencia de la glauconita, que cristalizada como esferulitas, la celadonita cristaliza en cristales planos de forma rectangular (Odin & Delamare, 2002, p.103-116). Es un mineral muy translúcido, que varía de color verde esmeralda brillante, a verde oliva, incluso marrón (Eastaugh, 1998, p. 641).

4.2.2.10. Pardo van Dyck

El color pardo van Dyck recibe el nombre de Anthony van Dyck, pintor flamenco, (que así mismo se puede encontrar escrito vandyke). Toma otros nombres como tierra Colonia o tierra de Cassel, los cuales designan

⁵ Se sintetizó un compuesto semejante en el Renacimiento conocido como *green verditer*, generado a partir de solución de sulfato de cobre y sales complejas de cobre con bicarbonato de sodio o potasio (Scott, 2002, p.114), si bien sus usos pigmentarios debieron ser bastante limitados.

⁶ Algunos autores, como Hilliard y Norgate, podrían haber hablado del verde cedro, confundiéndolo con el carbonato básico de cobre, malaquita, por su descripción, por el desuso en esos años y por la falta de mención de la malaquita el mismo documento (Harley, 1982, p. 77)..

el lugar de extracción. Entre estos últimos no se puede saber si hubo diferenciación por la falta de precisión en los datos (West, 1997, p. 157).

Se empezó a usar en el siglo XVII, aunque es posible que se emplease ya en el siglo XVI. Su naturaleza entre los siglos XVIII y XIX era referenciada según las fuentes como orgánico en ocasiones, y a su vez en otras coetáneas como compuestos de óxido de hierro (Berrie, 2007).

Es un pigmento marrón del tipo tierra, estable a la luz y translucido con bajo índice de refracción, cualidad que lo caracteriza adecuado para emplearse en veladuras (West, 1997, p. 165).

4.2.2.13. Vivianita

La vivianita es un fosfato de hierro hidratado, $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})_8$. Su color puede tomar entre gris azulado y verde oscuro. Es un pigmento sensible a la luz, con su exposición se vuelve negra, por la oxidación del hierro el cual pasa de +2 a +3. Su estabilidad aumenta al ser triturado y aglutinado con resina. Sus veladuras se han realizado con barniz ámbar fundido en aceite de nuez (Price, 2002, p.49).

4.2.3. Oleo-resina

La realización de veladuras se compone por el pigmento, en diferentes proporciones, y la adición de una mezcla oleorresinosa como aglutiente. Las resinas se han añadido a lo largo de la historia al óleo para realizar tanto pinturas como barnices. Se conoce la utilización de resinas con estos propósitos, al menos desde la época carolingia, si bien se cree que ya en la Antigüedad debieron emplearse para fines análogos.

La adición de resina al aceite produce cambios en su comportamiento, aumenta la temperatura de transición vítrea de tal forma que las superficies se solidifican más rápido, por lo tanto, se puede decir que actúa como secativo. Este fenómeno es debido a la presencia de ácido carboxílico, el cual produce la formación rápida de resinatos, antes que de oleatos. Del mismo modo la presencia de resina favorece la absorción de oxígeno y estimula el secado. Este suceso también puede verse producido por los pigmentos inorgánicos que posean compuestos metálicos (Stefan, 2022, p. 6).

En la documentación histórica existen diversidad de barnices, que cada autor recoge según su elección. Era frecuente que los propios pintores se preparasen sus barnices, a veces reproduciendo fórmulas conocidas u otras, simplemente acudiendo a recetarios y libros de reglas. Autores tan antiguos como Teófilo, por ejemplo, recogen diversas recetas, ampliamente estudiadas por Zelazowski (2020). También Cennini, por ejemplo, aconseja añadir barniz líquido al óleo, “una onza por cada libra de aceite, con otros fines como generar mordientes (Cennini, 2008, p. 94).

La mezcla de oleo-resina empleada para las probetas del presente trabajo es resina mastic con aceite de linaza, proporción ½. Esta receta, extraída de la versión revisada de Teófilo fue testada por Arancha Llacer con el mismo propósito (Llacer, 2021, p.16-17), por lo que se ha considerado oportuno continuar con su utilización. La preparación es sencilla, se calienta la resina hasta conseguir fluidificarla y se añade el aceite hasta su homogeneización.

5. Producción experimental

5.1. Preparación de las tablillas

El trabajo se realiza sobre 16 tablas de naturaleza ligera, provistas de una preparación de cola de conejo con carga inerte realizadas al baño maría (Fig. 1) ⁷.

Su aplicación se efectúa en tres fases. La primera capa con cola de conejo, la segunda con preparación gruesa y la tercera con una sucesión de 8 capas finas ⁸.



Figura 1. Cola de conejo y preparación al baño maría.

5.2. Grisallas de tonos basales

Las 16 tablillas comparten la disposición y degradación en cuanto a las grisallas de base. Se componen por 9 colores en escala monocromática compuesta de cinco tonos, desde el tono del pigmento puro hacia el blanco, sin llegar a este. Se aglutinan en oleo para su aplicación en diferentes proporciones especificadas en el Anexo I Relación pigmento y aceite aglutinados.

La aplicación de los tonos basales se ha realizado bajo la misma metodología, se acota el perímetro de la zona de aplicación con cinta adhesiva y se realiza la grisalla desde el tono puro al más claro (Fig. 2).



Figura 2. Consecución de la aplicación de grisalla pigmento basal tierra verde.

⁷ La cola de conejo se elabora con una concentración del 5% en agua destilada, hidratada durante 24h. hasta su hinchazón, momento en que se diluye al baño maría. Se añade carbonato y sulfato cálcico, a proporción 4 volúmenes de carbonato y 2 de sulfato, hasta colmatar. Se mezcla con varilla de vidrio obteniendo una preparación homogénea. Del mismo modo se realiza de forma independiente cola de conejo a una concentración del 10% en agua destilada.

⁸ La primera es un capa de cola de conejo al 10%, levemente caliente para facilitar su penetración y cerrar el poro parcialmente. Se debe aplicar en ambas caras de la tabla para intentar compensar la fuerza que ejerce. En la segunda fase se dan dos capas gruesas, en dirección horizontal, y una vez seque esta capa, en dirección vertical, para tapan el poro. Una vez seco lijar hasta casi su totalidad, a fin de obtener una superficie lisa, sin imperfecciones. La tercera fase consiste en la aplicación de 8 capas de la preparación ligera, contrapeando la pincelada a cada capa, y lijando cada dos capas, aumentando el número de lija, 100, 200, 500 y lija de agua.

4.2.1.1. Blanco de plomo

Tal y como describe Cennino Cennini (Cennini, 1988) el blanco de plomo se aglutina añadiendo poco a poco aceite de linaza, hasta que compacta y alcanza una textura denominada pan, por la similitud visual con este alimento. La molienda es ligera ya que el tamaño de partícula no presenta oposición, decrece al desaparecer la textura de pan y volverse relativamente fluida. Aun siendo el soporte blanco se aprecia el poder cubriente del blanco de plomo. Su aplicación es sencilla, el pincel discurre por la superficie sin resistencia. Se recogen las principales características del pigmento en la tabla adjunta (Tabla 3).

Carácter organoléptico Blanco de plomo		
Dispersión con aglutinante	Facilidad	● ● ●
	Absorbente	● ● ●
Aplicación de color	Cubriente	● ● ●
	Homogéneo	● ● ●
	Fácil aplicación	● ● ●

Tabla 3. Valores apreciados blanco de plomo. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.



Figura 3. Pigmento blanco de plomo.



Figura 4. Blanco de plomo aglutinado "pan".



Figura 5. Textura y consistencia blanco de plomo.

4.2.1.2. Ocre

La dispersión de ocre en aceite de linaza no llega a ser homogénea. Al depositarlo en un recipiente estanco, pasados de un par de minutos se aprecia como precipita. Por el contrario, al ser aplicado y secar la superficie, ésta presenta aspecto mate y rugoso. Su aplicación es fácil y homogénea. Se aprecia un sonido estridente al moler el pigmento, disminuye al incrementar el tiempo de molienda. En la tabla adjunta se recopilan los resultados (Tabla 4).

Carácter organoléptico Ocre		
Dispersión con aglutinante	Facilidad	●
	Absorbente	●
Aplicación de color	Cubriente	● ●
	Homogéneo	● ● ●
	Fácil aplicación	● ●
Aplicación en grisalla	Cubriente	● ● ●
	Homogéneo	● ● ●
	Fácil aplicación	● ● ●

Tabla 4. Valores apreciados ocre. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.



Figura 6. Pigmento ocre.



Figura 7. Descohesión partículas de pigmento y aceite de linaza.



Figura 8. Grisalla ocre.

4.2.1.3. Tierra siena natural

La partícula del pigmento siena natural pesa poco, es muy ligera. Esto es apreciado al ser aglutinado con el aceite de linaza, necesita poco aceite para la liviana que es la pintura. Se obtiene una mezcla suntuosa de fácil aplicación. El tono del pigmento varía tornando más oscuro al ser aglutinado. Al ser añadido blanco de plomo, la mezcla aumenta su densidad. Continúa teniendo buena aplicación. Es bastante cubriente, tanto la siena natural, como al añadirle blanco de plomo. En la tabla adjunta se recopilan los resultados (Tabla 5).

Carácter organoléptico		
Dispersión con aglutinante	Facilidad	● ● ●
	Absorbente	●
Aplicación de color	Cubriente	● ●
	Homogéneo	● ● ●
	Fácil aplicación	● ● ●
Aplicación en grisalla	Cubriente	● ● ●
	Homogéneo	● ● ●
	Fácil aplicación	● ● ●

Tabla 5. Valores apreciados siena natural. Alto ●●●/medio●●/bajo o nulo●.



Figura 9. Pigmento siena natural.



Figura 10. Grisalla siena natural.

4.2.1.4. Tierra sombra natural

El pigmento sombra natural tiene alta capacidad de absorción, necesita 0,81 ml. de aceite de linaza para aglutinar 1 gramo de pigmento y así alcanzar la textura idónea. Al cabo de un par de minutos se aprecia como precipita y genera brillo en superficie. Este se atenúa al secar la superficie.

Discurre bien el pincel por la superficie de tal forma que la aplicación es sencilla. La superficie resultante es brillante parcialmente y homogénea.

En la tabla adjunta se recopilan los resultados (Tabla 6).

Carácter organoléptico		
Dispersión con aglutinante	Facilidad	● ● ●
	Absorbente	● ●
Aplicación de color	Cubriente	● ● ●
	Homogéneo	● ● ●
	Fácil aplicación	● ● ●
Aplicación en grisalla	Cubriente	● ● ●
	Homogéneo	● ● ●
	Fácil aplicación	● ● ●

Tabla 6. Valores apreciados sombra natural. Alto ●●●/medio●●/bajo o nulo●.



Figura 11. Pigmento sombra natural.



Figura 12. Grisalla sombra natural.

4.2.1.5. Tierra sombra tostada

De los pigmentos tierra, es el que más brillos genera en la superficie. Crea una dispersión perfecta, pasada una semana la mezcla depositada en un recipiente estanco no ha precipitado. Se integra bien con el aceite y no hace tanto ruido al ser molido.

Al igual que la tierra sombra natural, genera brillo en superficie, en esta ocasión notable es al secar. Una vez seco genera un brillo muy irregular.

En la tabla adjunta se recopilan los resultados (Tabla 7).

Carácter organoléptico		
Dispersión con aglutinante	Facilidad	● ● ●
	Absorbente	● ●
Aplicación de color	Cubriente	● ● ●
	Homogéneo	● ● ●
	Fácil aplicación	● ● ●
Aplicación en grisalla	Cubriente	● ● ●
	Homogéneo	● ● ●
	Fácil aplicación	● ● ●

Tabla 7. Valores apreciados tierra sombra tostada. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.



Figura 13. Pigmento sombra tostada.



Figura 14. Grisalla tierra sombra tostada.

4.2.1.6. Rojo férrico

El pigmento rojo férrico tiene cierto grano apreciable, pero esto no dificulta que se integre correctamente con el aceite. Tiene una gran capacidad cubriente, característica estable al añadir blanco de plomo para generar la grisalla. Los tonos resultantes de la grisalla son escalonados, apreciándose la degradación de forma coherente. Al ser molido produce un sonido estridente, que disminuye al aumentar el tiempo de molienda.

En la tabla adjunta se recopilan los resultados (Tabla 8)

Carácter organoléptico		
Dispersión con aglutinante	Facilidad	● ● ●
	Absorbente	●
Aplicación de color	Cubriente	● ● ●
	Homogéneo	● ● ●
	Fácil aplicación	● ● ●
Aplicación en grisalla	Cubriente	● ● ●
	Homogéneo	● ● ●
	Fácil aplicación	● ● ●

Tabla 8. Valores apreciados rojo férrico. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.



Figura 15. Pigmento rojo férrico.



Figura 16. Grisalla rojo férrico.

4.2.1.7. Bermellón

El bermellón es un pigmento muy fino, apenas necesita molienda. La cantidad de aceite que demanda para ser aplicado correctamente no es mucha: 0,47 ml. por cada gramo de pigmento. Al depositarlo en un recipiente se separa un poco el aceite del pigmento.

La mezcla que se obtiene presenta marcado carácter mate, textura que mantiene al secarse.

En la tabla adjunta se recopilan los resultados (Tabla 9)

Carácter organoléptico		
Dispersión con aglutinante	Facilidad	● ● ●
	Absorbente	●
Aplicación de color	Cubriente	● ● ●
	Homogéneo	● ● ●
	Fácil aplicación	● ● ●
Aplicación en grisalla	Cubriente	● ● ●
	Homogéneo	● ● ●
	Fácil aplicación	● ● ●

Tabla 9. Valores apreciados bermellón. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.



Figura 17. Pigmento bermellón.



Figura 18. Grisalla bermellón.

4.2.1.8. Negro de vid

El pigmento negro de vid tiene un comportamiento peculiar en comparación con el resto de los pigmentos al ser aglutinado. En cuanto se deja de moler el aceite migra a la superficie, y pasa de ser muy mate a brillante conforme va secando.

Se genera un tono azulado en la grisalla obtenida de la adición de blanco de plomo.

En la tabla adjunta se recopilan los resultados (Tabla 10).

Carácter organoléptico		
Dispersión con aglutinante	Facilidad	● ● ●
	Absorbente	● ● ●
Aplicación de color	Cubriente	● ● ●
	Homogéneo	● ● ●
	Fácil aplicación	● ●
Aplicación en grisalla	Cubriente	● ● ●
	Homogéneo	● ● ●
	Fácil aplicación	● ●

Tabla 10. Valores apreciados negro de vid. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.



Figura 19. Pigmento negro de vid.



Figura 20. Grisalla negro de vid.

4.2.1.9. Tierra verde

El pigmento tierra verde tiene un comportamiento excepcional ante el aceite. Al añadirse aceite se observa una dispersión óptima, al punto de tener cierta fluidez, pero al aplicar la fricción con la moleta se vuelve espeso. Esto ha generado que tome mucho aceite, 1,25 ml. por 1 gramo de pigmento.

La mezcla resultante es suntuosa, de fácil aplicación, pero de notable transparencia. Al introducirse en un recipiente y transcurrir una semana el aceite no se disgrega del pigmento y no decanta. En la tabla adjunta se recopilan los resultados (Tabla 11).

Carácter organoléptico		
Dispersión con aglutinante	Facilidad	● ● ●
	Absorbente	● ● ●
Aplicación de color	Cubriente	●
	Homogéneo	● ●
	Fácil aplicación	●
Aplicación en grisalla	Cubriente	● ●
	Homogéneo	● ● ●
	Fácil aplicación	● ●

Tabla 11. Valores apreciados tierra verde. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.



Figura 21. Pigmento tierra verde.



Figura 22. Grisalla tierra verde.

4.2.1.10. Azurita

La azurita destaca por ser un pigmento con una molienda muy gruesa, esto conlleva que dispersión en aceite sea sencilla. Su aplicación es buena, el pincel discurre bien por la superficie. Produce fuerte sonido estridente al ser molido. Se necesita muy poca cantidad de blanco para obtener los tonos más claros de la grisalla.

En la tabla adjunta se recopilan los resultados (Tabla 12).

Carácter organoléptico Azurita		
Dispersión con aglutinante	Facilidad	● ● ●
	Absorbente	●
Aplicación de color	Cubriente	● ●
	Homogéneo	● ● ●
	Fácil aplicación	● ●
Aplicación en grisalla	Cubriente	● ● ●
	Homogéneo	● ● ●
	Fácil aplicación	● ● ●

Tabla 12. Valores apreciados tierra verde. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.



Figura 23. Pigmento azurita.



Figura 24. Grisalla azurita.

5.3. Veladuras pigmentos inorgánicos

Los pintores eran quienes determinaba la cantidad de oleo-resina que debe añadirse a un pigmento para alcanzar el efecto deseado de manera experiencial. El presente trabajo recoge la gradación de la veladura desde el nivel 1 -1, (donde la veladura es aplicada y posteriormente retirada imitando efectos manuales que se generan al pintar), al nivel 4, donde se superponen cuatro aplicaciones de veladura con la misma proporción de pigmento y oleo-resina (Fig. x). Dichas proporciones se recogen especificadas en el en cada uno de los apartados siguientes.

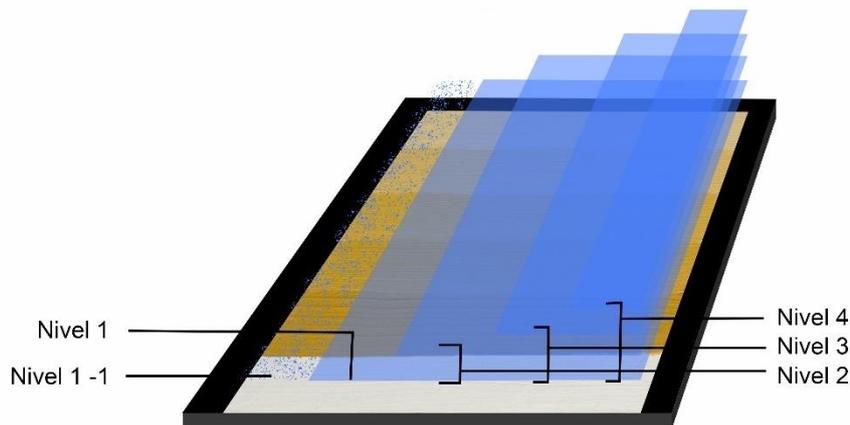


Figura 25. Representación gráfica sucesión de estratos de veladura.

5.3.1. Blanco de plomo

La veladura de color blanco de plomo es del tipo *scumbling*, veladuras claras sobre colores oscuros. El pigmento blanco de plomo es característico por no apreciarse la partícula, dado su reducido tamaño, y genera una capa homogénea. Es cubriente pero transparente, con poca cantidad de blanco de plomo se consigue modificar el color subyacente notablemente pero aun así se aprecia perfectamente el color.



Figura 26. Veladuras blanco de plomo.

Características de la veladura realizada con blanco de plomo				
Blanco de plomo				
Tono medio sobre blanco de plomo	Poder cubriente	Homogeneidad	Partícula visible	Proporción pigmento por oleo-resina (20 ml.)
	●	●●●	●	0,23 g. de pigmento

Tabla 13. Características de la veladura con blanco de plomo. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.

5.3.2. Amarillo plomo y estaño

La veladura del amarillo de plomo y estaño, al igual que el blanco de plomo, es de tipo *scumbling*, claro sobre oscuro. Tiene bastante poder cubriente y es menos transparente que el blanco de plomo. El último nivel de veladura, capa 4, cubre casi por completo la tonalidad subyacente. El tamaño de partícula es imperceptible, al igual que el blanco de plomo, da lugar a veladura homogénea. Se aprecia un salto considerable entre la capa 1 y 2 de veladura, sin embargo, sobre el pigmento negro se observa como la grisalla es gradual.

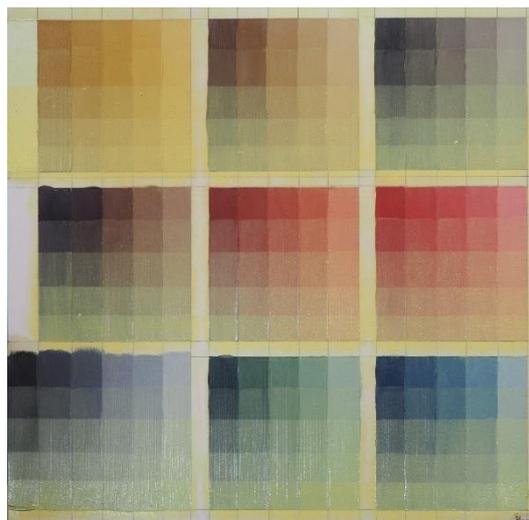


Figura 27. Veladuras amarillo de plomo y estaño.

Características de la veladura realizada con amarillo de plomo y estaño				
Amarillo de plomo y estaño				
Tono medio sobre blanco de plomo	Poder cubriente	Homogeneidad	Partícula visible	Proporción pigmento por oleo-resina (20 ml.)
	●●	●●●	●	0,13 g. de pigmento

Tabla 14. Características de la veladura con amarillo de plomo y estaño Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.

5.3.3. Ocre

El pigmento ocre tiene una capacidad cubriente muy alta, con pequeña cantidad de pigmento se consigue un tono dominante. Presenta cierta transparencia, pues incluso en el último nivel de veladura se entreve la grisalla del color subyacente. La partícula es relativamente pequeña, no distorsiona la visión de conjunto, pero sí se aprecia.



Figura 28. Veladuras ocre.

Características de la veladura realizada con ocre				
Ocre				
Tono medio sobre blanco	Poder cubriente	Homogeneidad	Partícula visible	Proporción pigmento por oleo-resina (20 ml.)
	●●●	●●●	●●	0,06 g. de pigmento

Tabla 15. Características de la veladura con ocre. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.

5.3.4. Minio

El comportamiento del minio ha sido característico por ser repelido por la superficie a partir de la 2 capa de veladura. Los tonos subyacentes verdes y tierras repelen con mayor intensidad (Fig. X), mientras tanto los rojos permiten la adhesión parcial del pigmento. Destaca sobre los colores claros ya que tiene gran poder cubriente, pero es transparente. Sin embargo, la grisalla de los tonos subyacentes oscuros se aprecia con facilidad. El tamaño de la partícula es pequeño, no se aprecia a simple vista.



Figura 29. Anomalía en la aplicación.

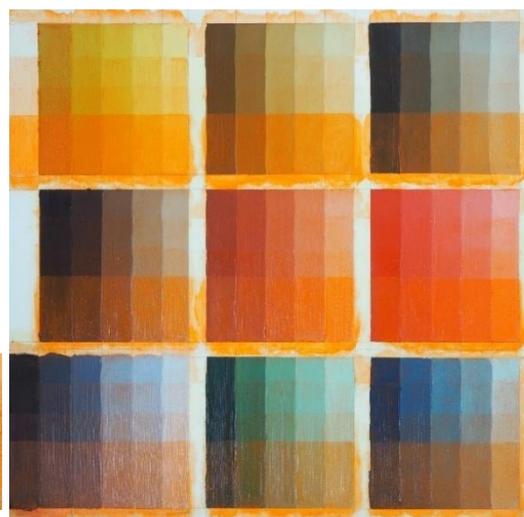


Figura 30. Veladuras minio.

Características de la veladura realizada con minio				
Minio				
Tono medio sobre blanco	Poder cubriente	Homogeneidad	Partícula visible	Proporción pigmento por oleo-resina (20 ml.)
	●●●	●	●	0,06 g. de pigmento

Tabla 16. Características de la veladura con minio. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.

5.3.5. Blue bice

La veladura de blue bice es homogénea, de muy fácil aplicación y la partícula es imperceptible. Las gradaciones que se consiguen son escalonadas, con bastante transparencia, pero con cierto matiz perceptible del color inferior.

El pincel discurre por la superficie mientras se deposita pigmento constante.



Figura 31. Veladuras blue bice.

Características de la veladura realizada con blue bice				
Blue bice				
Tono medio sobre blanco	Poder cubriente	Homogeneidad	Partícula visible	Proporción pigmento por oleo-resina (20 ml.)
	●●	●●●	●	0,10 g. de pigmento

Tabla 17. Características de la veladura con blue bice. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.

5.3.6. Azurita

La azurita destaca por ser un pigmento con una molienda muy gruesa, esto conlleva que la partícula sea visible. Su aplicación no es sencilla, el pincel deposita el pigmento de forma irregular, al contrario que en la aplicación del tono basal, se forma una superficie con cúmulos o agregados de pigmento. Del mismo modo, resulta una veladura que aun por la capacidad cubriente del pigmento no es homogénea. Se puede apreciar transparencia que destaca sobre los tonos oscuros.



Figura 32. Veladura azurita.

Características de la veladura realizada con azurita				
Azurita				
Tono medio sobre blanco	Poder cubriente	Homogeneidad	Partícula visible	Proporción pigmento por oleo-resina (20 ml.)
	●●	●●	●●●	0,10 g. de pigmento

Tabla 18. Características de la veladura con azurita. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.

5.3.7. Ultramar natural

Durante la molienda del pigmento lapislázuli se aprecia el elevado tamaño de la partícula, este se mantiene y tras la aplicación es perceptible en la superficie. La aplicación es costosa y desigual, generando superficies heterogéneas, donde hay concentraciones de pigmento. Es muy transparente, pero modifica notablemente el tono subyacente.



Figura 33. Veladura ultramar natural.

Características de la veladura realizada con ultramar				
Ultramar				
Tono medio sobre blanco	Poder cubriente	Homogeneidad	Partícula visible	Proporción pigmento por oleo-resina (20 ml.)
	●●	●	●●●	0,10 g. de pigmento

Tabla 19. Características de la veladura con ultramar natural. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.

5.3.8. Esmalte

El pigmento esmalte se caracteriza por tener una partícula grande, muy visible en superficie. Hace profundo ruido estridente al aplicar fricción con la moleta. El color que aporta es azul intenso, muy transparente, pero también muy cubriente, con poca cantidad de pigmento varía el tono subyacente. La aplicación es compleja y costosa, el pigmento se queda entre las cerdas del pincel y es dificultoso que se depositen en la superficie.



Figura 34. Veladura esmalte.

Características de la veladura realizada con esmalte				
Esmalte				
Tono medio sobre blanco	Poder cubriente	Homogeneidad	Partícula visible	Proporción pigmento por oleo-resina (20 ml.)
	●●●	●	●●●	0,06 g. de pigmento

Tabla 20. Características de la veladura con esmalte. Alto ●●●/medio●●/bajo o nulo●.

5.3.9. Acetato de cobre

El acetato de cobre tiene color verde azulado intenso, este se modifica pasados pocos días. Se observa pasada una semana de su aplicación como la nueva veladura es más azulada (Fig. x). La degradación de este pigmento es rápida y evidente. Es un color muy transparente, pero con gran capacidad cubriente, matiza el color subyacente intensamente. No se aprecia la partícula a simple vista, así genera una superficie homogénea.



Figura 35. Diferencia tonal de dos aplicaciones con una semana de diferencia.

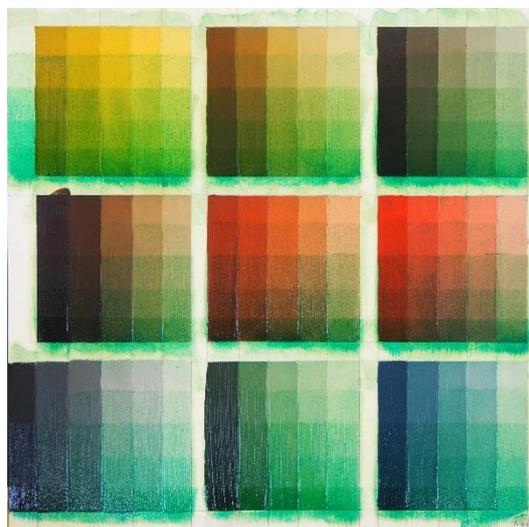


Figura 36. Veladura acetato de cobre.

Características de la veladura realizada con acetato de cobre				
Acetato de cobre				
Tono medio sobre blanco	Poder cubriente	Homogeneidad	Partícula visible	Proporción pigmento por oleo-resina (20 ml.)
	●●●	●●●	●●	0,06 g. de pigmento

Tabla 21. Características de la veladura con acetato de cobre Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.

5.3.10. Acetato de cobre con reseda

Del mismo modo que el acetato de cobre altera rápidamente, cuando este se mezcla con reseda también sufre variaciones cromáticas con el paso de los días, sin embargo, la diferencia observada no es tan acentuada por la influencia del intenso amarillo de la reseda. Bajo la conjunción de este pigmento y esta laca se obtiene un color verde amarillento potente, muy transparente, pero cubriente que modifica notablemente el aspecto del color subyacente. De igual modo, la partícula es inapreciable a simple vista.



Figura 37. Veladura acetato de cobre con reseda.

Características de la veladura realizada con acetato de cobre con reseda				
Acetato de cobre con reseda				
Tono medio sobre blanco	Poder cubriente	Homogeneidad	Partícula visible	Proporción pigmento por oleo-resina (20 ml.)
	●●●	●●●	●	0,06 g. de pigmento

Tabla 22. Características de la veladura con acetato de cobre con reseda. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.

5.3.11. Malaquita

La malaquita aporta color verde blanquecino, muy suave por su alta transparencia. Matiza el color subyacente, pero deja entrever los tonos de la grisalla, destaca sobre los tonos basales oscuros. La partícula es grande, pero al presentar tal transparencia se integra con el pigmento basal escapándose a la apreciación visual. Por este mismo motivo se necesita poca cantidad de pigmento para variar el tono, pero sin ser cubriente totalmente. La superficie que genera es relativamente homogénea.

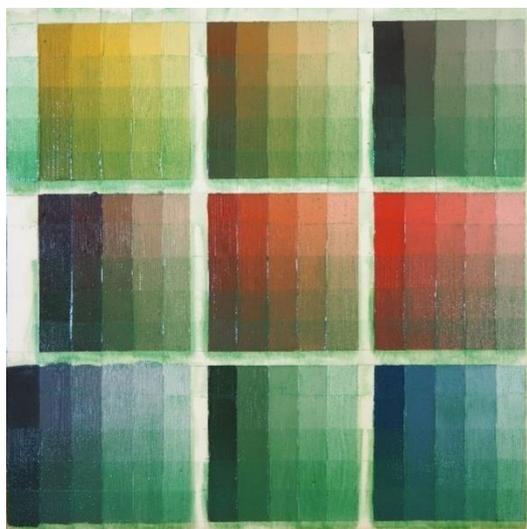


Figura 38. Veladura malaquita.

Características de la veladura realizada con malaquita				
Malaquita				
Tono medio sobre blanco	Poder cubriente	Homogeneidad	Partícula visible	Proporción pigmento por oleo-resina (20 ml.)
	●●	●●	●●	0,10 g. de pigmento

Tabla 23. Características de la veladura con malaquita. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.

5.3.12. Crisocola

El pigmento crisocola antes de ser aglutinado presenta color azul claro luminoso (Fig. x). Al ser aglutinado, como se puede observar, torna a verde, conserva gran intensidad, pero más oscura. La aplicación es sencilla pero no se consigue una superficie homogénea. La partícula es relativamente visible, en las primeras capas donde la deposición de pigmento no es elevada ni significativa. La sucesión de capas genera cúmulos de pigmento que hacen que la partícula sea apreciable al darle mayor peso visual.



Figura 39. Pigmento crisocola. Figura 40. Grisalla crisocola.

Características de la veladura realizada con crisocola				
Crisocola				
Tono medio sobre blanco	Poder cubriente	Homogeneidad	Partícula visible	Proporción pigmento por oleo-resina (20 ml.)
	●●	●●	●●	0,13 g. de pigmento

Tabla 24. Características de la veladura con crisocola. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.

5.3.13. Celadonita

La celadonita aporta un ligero tono verde con matiz marrón, el cual toma calidez sobre tonos cálidos y sobre los fríos se aprecia verdoso. Sobre pigmentos puros oscuros como las tierras, la tierra verde, la azurita y el negro vid la modificación de color es apenas perceptible. La partícula es ciertamente visible, pero adquiere poca relevancia ya que la capa resultante es homogénea. Es un pigmento poco cubriente por su carácter transparente.



Figura 41 Veladura celadonita.

Características de la veladura realizada con celadonita				
Celadonita				
Tono medio sobre blanco	Poder cubriente	Homogeneidad	Partícula visible	Proporción pigmento por oleo-resina (20 ml.)
	●●	●●	●●	0,10 g. de pigmento

Tabla 25. Características de la veladura con celadonita. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.

5.3.14. Ocre habana

Dentro de los ocre, el ocre habana es bastante oscuro, y calido a la vez. Apenas ejerce modificación del color en los pigmentos puros a excepción del ocre y el blanco de plomo. Más transparente que el ocre amarillo, el ocre habana tiene poder cubriente, ya que con una pequeña cantidad modifica el tono subyacente, pero permite observar con precisión los tonos subyacentes. La partícula es perceptible pero despreciable por la homogeneidad de la capa que forma.



Figura 42. Veladura ocre habana.

Características de la veladura realizada con ocre habana				
Ocre habana				
Tono medio sobre blanco	Poder cubriente	Homogeneidad	Partícula visible	Proporción pigmento por oleo-resina (20 ml.)
	●●●	●●●	●●	0,03 g. de pigmento

Tabla 26. Características de la veladura con ocre habana. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.

5.3.15. Pardo van Dyck

Como pardo van Dyck se ha tomado la tierra de *Cassel*, característica por tener tono marrón rojizo. Es un pigmento cubriente, por cada 0,20 ml. tan solo necesita 0,04 gramos. Presenta transparencia por la poca cantidad de pigmento que posee, pero en niveles superiores, con la superposición de capas, las grisallas de los tonos basales no se aprecian.

Se percibe la partícula, pero esta no es de gran tamaño, forma superficies homogéneas.



Figura 43. Veladura pardo van Dyck.

Características de la veladura realizada con pardo van Dyck				
Pardo van Dyck				
Tono medio sobre blanco	Poder cubriente	Homogeneidad	Partícula visible	Proporción pigmento /oleo-resina (0,20 ml.)
	●●●	●●●	●●	0,04 g. de pigmento

Tabla 27. Características de la veladura con pardo van Dyck. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.

5.3.16. Vivianita

Inicialmente el grano del pigmento de vivianita se presenta grueso, pero al ejercer fricción con la moleta este se desvanece en gran medida, y da paso a una mezcla homogénea con la oleo-resina, que deja ver la partícula en superficie. La aplicación es fácil, el pigmento no se queda en el pincel a pesar de su rugosidad. Alcanza gran tono con poco pigmento, pero este es muy transparente, cubre poco.



Figura 44. Veladura vivianita.

Características de la veladura realizada con vivianita				
Vivianita				
Tono medio sobre blanco	Poder cubriente	Homogeneidad	Partícula visible	Proporción pigmento /oleo-resina (0,20 ml.)
	●●●	●●●	●●	0,06 g. de pigmento

Tabla 28. Características de la veladura con vivianita. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.

6. Resultados

6.1. Microscopía

Conceptos básicos en identificación de pigmentos:

La microscopía superficial es fundamental en el estudio integral de las pinturas. Aporta datos que permiten estudiar diferentes aspectos formales de la obra como las pinceladas constructivas, así como la observación de materiales que no son perceptibles a simple vista. El uso del microscopio Dino-Lite Digital Microscope (Polarizado) permite realizar una primera aproximación a los materiales más allá del simple análisis visual. Ya que permite estudiar el tamaño, dispersión o distribución de las partículas tanto de los pigmentos como de las veladuras aplicadas sobre ellas.

El tamaño de partícula del pigmento determina, entre ciertos límites, el poder cubriente y colorante del mismo. Si ambos son bajos, no se podrá moler hasta polvo muy fino, de lo contrario aparecerá blanquecino. Esto es lo que ocurre con pigmentos como la azurita, malaquita, azul egipcio, lapislázuli, azul esmalte, etc. Por otra parte, si el tamaño de la partícula de pigmento no es lo suficientemente pequeño como para que el aglutinante la englobe bien, con el tiempo puede haber problemas de pulverulencia o separación del mismo (Palet, 1997).

Tamaño de del pigmento según tamaño de partícula (Eastaugh, 1998).	
Muy gruesa	>40 μm
Gruesa	4-10 μm
Grande	10-3 μm
Media	3-1 μm
Finos	1-0,3 μm
Muy finos	<0,3 μm

Tabla 29. Tamaño de pigmento según tamaño de partícula.

6.1.1. Pigmentos basales o pigmentos de base

Se han empleado dos colores, blanco de plomo y negro de vid, como muestras de control y observación, para facilitar el examen de las veladuras empleadas sobre los mismos

Ocre

El pigmento ocre, de partícula fina y buen poder cubriente, genera una mezcla homogénea sobre todo los tonos (incluso 200x). el pigmento posee una absorción de aceite (entre 30-60 g, según Eastaugh, 2008). Mientras que la partícula puede resultar parcialmente visible cuando está concentrada, la adición de blanco de plomo la integra haciendo la invisible. Al tiempo que el tono de la mezcla se vuelve frío.

Siena natural

En superficie, se aprecian cúmulos de pigmento, dando lugar a brillos. El Siena natural no posee el mismo poder cubriente que el ocre debido a sus altas proporciones de ácido salicílico coloidal, responsable de la alta absorción de aglutinante en mezcla. Esta cualidad, sin embargo, le confiere la característica de ser óptimo para la aplicación de veladuras (Doerner, 2001: 58). En las imágenes obtenidas (200x) se presenta amarillento, mientras que el pigmento puro tiene apariencia. En mezclas con blanco de plomo las partículas se dispersan homogéneamente.

Sombra natural

El sombra natural es un pigmento con poco poder cubriente por lo que al igual que el siena era apto para veladuras (Herrero-Cortell, 2019: 1249). Como la anterior, las partículas se encuentran distribuidas uniformemente en todas las mezclas, sin aglomeraciones, y cubriendo regularmente la superficie. Las imágenes obtenidas a 200x revelan un tono beige subyacente continuo, que se atenúa con la adición del pigmento blanco, observándose gránulos rojizos, ocres y marrones de tamaño variable.

Sombra tostada

Como el resto de tierras, genera una superficie homogénea. Ya en el tono puro se pueden apreciar partículas amarillentas y rojizas, si bien en las grisallas simplemente se observa un punteado de partículas oscuras. Estas solo pueden ser visualizadas de forma nítida y definida a 200x dado su reducido tamaño (0,052 mm).

Rojo férrico

Al ser observado en microscópicamente (200x) se aprecia un tono homogéneo rojizo con pequeñas partículas amarillas, de perímetro bien definido, y fracciones marrón oscuro, algo difusas. La imagen microscópica a 50 x muestra una superficie rugosa. Debido al efecto conocido como nivelación (Zalbidea, 2014, p. 4), producto de la capacidad absorbente de la tierra roja, es un pigmento que rara vez produce brillos.

Bermellón

El bermellón genera una textura rugosa y homogénea que cubre la superficie, en todas las probetas, produciendo un tono homogéneo y compacto. El bermellón tiene un particular visible, aunque a 200x puede apreciarse algún gránulo sobre un tono rojizo suave generalizado.

Grisalla negro de vid

Dentro de las grisallas del negro de vid, de tendencia fría, y azulada, se aprecian partículas longitudinales, diferenciables por el contraste con el blanco. De hecho, en ocasiones se mezclaba con albayalde para obtener el llamado azul de los pobres (Boularand, 2010: 54; Rubio, 2015: 282-283; Rubio y Zalbidea, 2019: 31). Bajo la observación a 50x, se aprecian partículas de 0,356 mm de longitud y 0,089 mm de grosor, junto con otras de 0,027 mm, ejemplificando la característica diversidad de tamaños típica de este pigmento.

Tierra verde

Muestra un tono homogéneo, pero altamente translúcido. Aunque a 50x las partículas pueden parecer similares tonalmente a 200x se observan agrupaciones de tonos rojizos (0,22 mm), amarillos (0,113 mm), marrones (0,175 mm) y verde oscuro (0,0125 mm), muestra patente del carácter heterogéneo del pigmento. Este efecto explica las diferentes tonalidades que ofrece este pigmento: desde un verde grisáceo hasta el tono verde oliva. Con todo, la absorción del aceite es regular, aunque las partículas tienden a precipitar generando brillos superficiales (200X). Incluso en blando de plomo las partículas tienen a precipitarse.

Azurita

La azurita destaca por su intenso color, bajo la observación a 50x se aprecia la diversidad de tono donde el azul unifica y da la misma saturación a ese nivel, y merma al aumentar la concentración de blanco. A la vez presenta partículas con una mayor intensidad de azul de diversos tamaños, entre 50 y 120 μm , que al ser observados a 200x muestran formas angulosas y bien delimitadas. La azurita se caracteriza por tener dos formas de partícula bien diferenciadas (tabular y prismáticas) que generan variedad de color (Klein 2003, p. 464) que se ha podido constatar a través de la observación microscópica. Este tono producido por las diferentes partículas oscila del azul intenso y oscuro al azul claro y transparente.

6.1.2. Veladuras

Blanco de plomo

La veladura del blanco de plomo tiene una partícula casi imperceptible (200x). Destaca sobre colores oscuros como el negro de vid, la tierra verde o la azurita, pero genera matices evidentes en todos los tonos. La capa 1 -1 (50x) muestra la gran adhesión del pigmento, incluso siendo retirado queda impresa la huella del pincel. La percepción visual es de una capa fina y homogénea, como sobre el ocre, el bermellón o las sombras, sin embargo, la segunda, de forma puntual, genera pequeñas concavidades que dejan ver el pigmento subyacente. (Fig. 45).

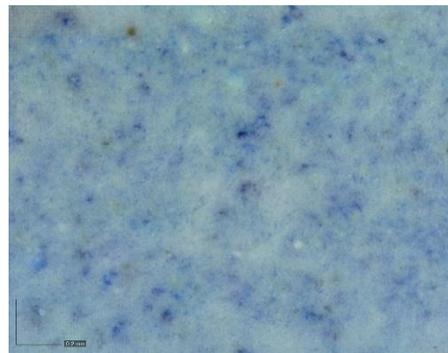


Figura 45. Microscopía veladura nivel 3 blanco de plomo sobre azurita grisalla 2.

Amarillo de plomo y estaño

El amarillo de plomo y estaño tiene un comportamiento similar al blanco de plomo. Las partículas de forma generalizada no se aprecian a través de la observación microscopía (50x) se aprecian de forma puntual partículas de un amarillo vivo semi-transparente. El tamaño de dichas partículas no supera los 0,043 mm. En las veladuras de la capa 2, nuevamente, se distinguen concavidades que vislumbran el pigmento base. Se aprecia mayor alteración de color en los tonos oscuros, sin embargo, genera una intensidad blanquecina en todos ellos.

Ocre

El pigmento ocre se aprecia de forma evidente sobre los colores oscuros. Destaca sobre el negro de vid, único color sobre el que se aprecia cierta definición de la partícula (200x). Es un pigmento que cubre de forma homogénea la superficie, rápidamente vela el pigmento subyacente, pero matizando el color hasta el punto de no ser reconocible. Solo se aprecia la pincelada sobre la azurita (50x), mientras que en el resto de pigmentos la pincelada pasa desapercibida por la difuminación.

Minio

Las fotografías microscópicas muestran el extraño comportamiento del pigmento al ser aplicado. Se aprecia en la mayoría de las superficies pequeños agregados de pigmento concentrado, tanto a 200x como a 50x, con un diámetro de 0,052 mm a 0,271 mm. Este efecto es evidente en los pigmentos azurita, tierra verde y la grisalla de negro de vid. Mientras que, en los pigmentos rojos y las tierras es menos evidente, a excepción de la sombra natural. Por lo tanto, se puede decir que la interacción del minio con el pigmento subyacente condiciona, en cierta medida, la adhesión de este con la superficie. Como se puede observar en las fotografías en la capa 2 de veladura (200x) sobre la azurita los agregados presentan un perímetro totalmente definible, mientras que sobre blanco de plomo aparece un núcleo dentro de la propia concreción donde hay mayor concentración, y alrededor de ella un halo con menor concentración de minio (Fig. 46 y 47). En ningún caso se aprecian las partículas de minio.

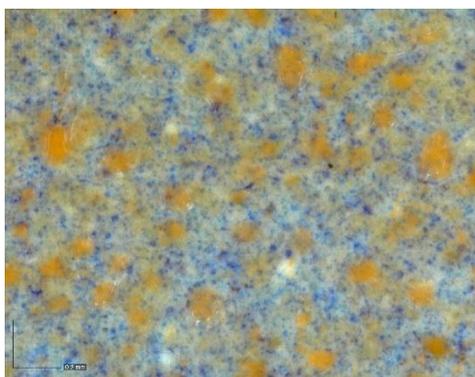


Figura 46. Microscopía veladura minio sobre azurita (200x).

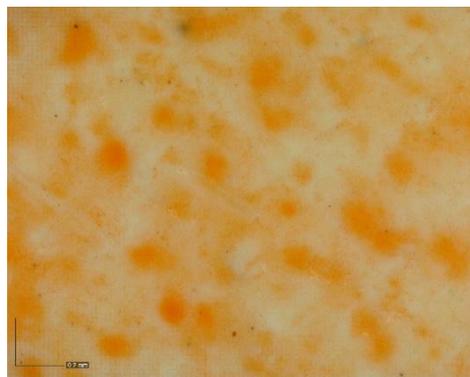


Figura 47. Microscopía veladura minio sobre blanco de plomo (200x).

Blue Bice

Las partículas de Blue Bice destacan sobre todos los tonos basales, incluso sobre los semejantes como la azurita. Resalta sobre el negro por su capacidad de reflejar la luz, en comparación con este el blue bice resplandece como pequeños puntos de azul claro intenso, dispersos equitativamente. Se aprecian ciertas concentraciones fruto de la aplicación por pincelada en las aplicaciones sobre todos los tonos basales. Se observa tanto a 200x como en 50x, los surcos que marcan el paso de la cerda del pincel, donde se entreve el pigmento subyacente de forma sutil, ya que incluso en los intersticios hay deposición de pigmento.

Azurita

La azurita se compone de grandes partículas menos intensas que las de otros tonos como el blue bice, por lo que sobre colores como el negro es menos visible, pero sobre el pigmento blanco destaca de forma rotunda. En todos los casos se reconoce el característico tono azul en las partículas de mayor tamaño, ya que las pequeñas se transmutan translucidas. Se aprecia la pincelada a partir de la capa 2 de veladura (50x). Las partículas de menor tamaño son susceptibles de ser aglomeradas bajo la pincelada, lo que da un tono grisáceo, fácilmente distinguible en los colores tierra, rojizos y blanco. Las partículas grandes, hasta 0,183 mm, se aglomeran de forma puntual en pequeños grupos de 3 o 5 agregados con otros más pequeños (200x). Sobre el mismo color basal de azurita, también destaca la veladura por la mayor definición que presentan las partículas.

Ultramar

La observación microscópica del ultramar pone en evidencia la presencia de dos componentes uno azul intenso oscuro y otro de color negro, más pequeño. Ambas partículas tienen perímetros angulosos. Su comportamiento sobre el negro de vid es particular, a 50x-200x aparecen pequeñas partículas de color azul muy oscuro, con pequeñas trazas blanquecinas. Se aprecia la pincelada con sutil definición. Aporta color generalizado a través las pequeñas partículas azules translucidas tenues.

Esmalte

El esmalte lo componen partículas grandes, angulosas pero redondeadas, de color azul y negro, igual que en el caso del ultramar, estas al superponerse el azul translúcido deja entrever las partículas negras. Se aprecia como dentro de la misma partícula presenta diferentes grosores, apareciendo un segmento más opaco que se observa translucida casi por completo (Anexo III Microscopía, Veladura, Esmalte, microscopía sobre basal bermellón, capa 2, 200x). No se aprecia pincelada. Las partículas son visibles a 50 aumentos. Sobre el negro vid solo es visible el brillo de la partícula a 50x (200x no se aprecia).

Acetato de cobre

De partícula redondeada, se observan de dos tonos, uno verde y otro azulado, esto puede ser dado por el diferente estado de curado y degradación, recordemos que cada capa se aplicaba y dejaba secar por lo que las capas inferiores presentan mayor exposición. Gracias a esta diferencia cromática, podemos observar que la superposición de partículas de diferentes tonos muestra el tono inferior evidenciando su carácter traslucido. De forma generalizada proporciona un tono verde al pigmento basal (50x), en cambio las partículas de mayor tamaño tienen tono azul claro (200x).

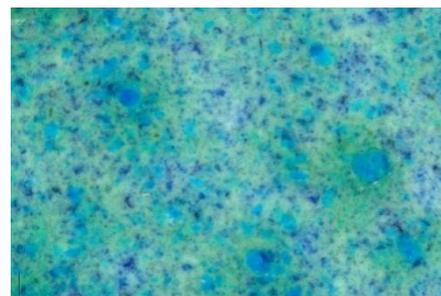


Figura 48 Microscopía veladura minio sobre azurita (200x).

Acetato de cobre y reseda

A esta mezcla, la reseda⁹ aporta un vivo color amarillo al tono basal. La microscopia revela pequeñas partículas, de 0,015 mm, amarillas y otras de mayor tamaño, 0,057 mm, de color marrón, que dan cierta oscuridad al tono, ambas de morfología redondeada. A pesar del color amarillo generalizado se aprecian partículas azules del acetato de cobre, aunque en la mayoría de las ocasiones matizadas por el color amarillento.

Malaquita

La malaquita aporta un velado verde desde las primeras aplicaciones. De forma sutil, el perímetro de las partículas es definible pero desdibujado. En ocasiones se observan pequeñas trazas de color negro. Se aprecian algunas lascas brillantes que destacan en los tonos sombra y siena (Fig.49). Sobre el color negro es visible pero se aprecia como una nebulosa, sin ser fácilmente definibles las partículas (Anexo III, Microscopia, Veladuras, Malaquita). Presenta un matiz blanquecino, observable con facilidad sobre el negro.

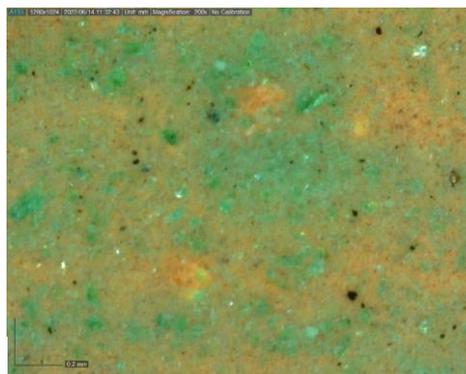


Figura 49. Microscopia veladura malaquita nivel 3 sobre sombra tostada, grisalla 2 (200x).

Crisocola

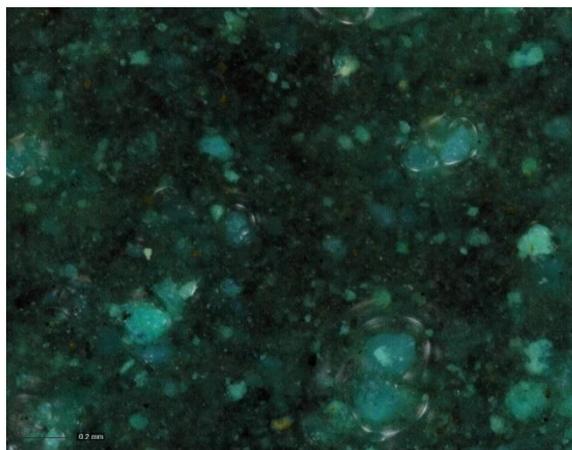


Figura 50. Microscopia veladura crisocola nivel 3 sobre negro de vid (200x).

Con dos tamaños de partícula, la pequeña aporta un tono generalizado, que marca la huella de la pincelada, y una más grande de color más vivo y luminoso. De forma puntual aparecen pequeñas trazas de color negro. La partícula pequeña presenta un perfil desdibujado de tamaño 0,074mm (máximo) que se observan con claridad en las muestras 1 -1 (Anexo III). Estas quedan como residuo al retirar la veladura de forma manual. La superficie es brillante, aun apareciendo partículas que sobresalen de la superficie generando rugosidad. En la microscopia a 200x se observa un halo blanquecino alrededor de las partículas como brillo. Destaca sobre el tono basal negro (50x) el gran brillo que presenta (Fig 50).

⁹ Las lacas amarillas se usaban de forma abundante al mezclarlas con otros pigmentos para obtener el color verde, o para intensificar los ocre amarillos. También eran idóneos para aplicarlas como veladuras, corlas y barnices coloreados (Herrero Cortell, 2019, p. 177). Como en el caso de las lacas rojas, se añadían en la elaboración del pigmento-laca materiales básicos como alumbre o incluso blanco de plomo para crear un pigmento opaco. (Bomford et al., 1995, p.39). Sufren un notable deterioro y son muy inestables a la luz, por lo que apenas son reconocibles (Herrero-Cortell, 2020, p. 126).

Entre las lacas amarillas cabe destacar la reseda (también conocida como arzica o hierba gualda) que se extrae de la planta *Reseda Luteola* L. Dicha planta ha sido cultivada hasta el siglo XX y ha sido especialmente apreciada para teñir la seda (Ball, 2012: 290). Para la obtención de la laca se utiliza toda la planta, desde la flor hasta el tallo, dejándola secar en fajos. Posteriormente se desmenuza y se cuece en una solución de alumbre y cal o en una solución acuosa de alumbre de roca con sulfato cálcico, carbonato de cal o blanco de plomo (Thompson, 1956: 188). La extensa gama de colorido que proporciona la reseda facilita la creación de abundantes tonalidades que pueden ir desde el amarillo hasta el marrón.

Celadonita

La pincelada en la aplicación de la celadonita genera una apreciación clara de las cerdas del pincel sobre la superficie (50x). Aunque hay diferencia entre el tamaño de las partículas (200x), el efecto general es equilibrado, y todas presentan el mismo color y naturaleza roma. El perfil de las partículas aparece difuminado lo que produce la integración gradual del color. Se observa mayor alteración cromática sobre los colores claros y la azurita. En los colores tierras y rojos apenas genera un cierto matiz del color.

Ocre Habana

El ocre habana genera una superficie de color ocre homogénea, no se aprecia la partícula, pero sí la huella de la pincelada, con presencia de partículas color granate de granulometría variable, entre 0,014 mm y 0,063 mm aproximadamente. Visible desde la primera aplicación, los colores donde presenta menor influencia son el rojo Herculano y el bermellón, y de manera microscópica el negro vid, siendo visibles siempre las partículas granates.

Pardo Van Dyck

Al igual que el ocre habana, el pardo van Dyck genera una superficie homogénea en la que se aprecian sutiles ondas, esta vez, de color mucho más oscuro que el ocre, con punteado de partículas granates. Aporta matices a todos los colores por igual. Las partículas pardas de forma puntual, general cúmulos de color. Tanto solo se aprecia la pincelada en la aplicación de la capa 3 de veladura. Sobre el pigmento negro (200x) no se aprecia la tonalidad parda, pero sí las partículas granates.

Vivianita

La vivianita está compuesta por multitud de granos de diferentes colores, ocre, granate, negro, verde y negro azulado debido a que es un fosfato de hierro hidratado¹⁰. Su color azul surge de la transferencia de carga de intervalo entre el ion ferroso (Fe^{2+}) y en ion férrico (Fe^{3+}), como consecuencia de la oxidación de algunos estos inones, la vivianita experimenta drásticos cambios de color (Coccatto et al, 2017).

Se presentan dispersos sobre la superficie, con pequeños cúmulos. El tamaño general de la partícula es grande, por lo que el color percibido es fruto de la mezcla óptica de estas. No presenta transparencia. No se aprecia pincelada de forma clara, pero sí el barrido de los colores en la dirección que fue aplicado.

¹⁰ fosfato de hierro hidratado; si quieres en nota al pie puedes decir que se clasifica como un material perteneciente al grupo de los pigmentos óxidos de hierro según West (1997).

6.2. Multiband

Se ha realizado el estudio sobre las tablas probeta con las técnicas de imagen visible (VIS), fotografía luminiscente inducida por ultravioleta (UVL), fotografía infrarroja (IR) e imagen infrarroja de falso color (IRFC).

La imagen visible se emplea para la comparación con el resto de las imágenes obtenidas. Se aprecia la transparencia y el poder cubriente del pigmento. A su vez, se puede valorar la cantidad de pigmento empleado para alcanzar el grado de variación tonal en el pigmento basal.

La luminiscencia inducida por ultravioleta es la respuesta visible a la excitación por ultravioleta. Está supeditada a múltiples factores como la condición de los pigmentos basales, luminiscentes o absorbentes, o la cantidad de capas (Herrero-Cortell et al, 2022, p. 10 y 11).

Se parte de algunas premisas sobre el comportamiento de los pigmentos en multibanda en relación a otros estudios, donde el pigmento se presentaba puro o aglutinado con diferentes medios. En referencia a UV, los ocre y algunos pigmentos a base de ocre pueden inhibir la luminiscencia (Bacci, 2019, p. 31). Se espera que la luminiscencia del blanco de plomo sea azulada, al igual que el lapislázuli y el esmalte, en comparación con el blue bice que se espera más débil. En IR se encuentran pigmentos como el esmalte luminoso, y el verdigris opaco, por lo que es absorbente. En infrarrojo de falso color, se prevé que los ocre sean verdes blanquecinos, el minio amarillo claro, el esmalte y el lapislázuli sean rojo, en diferentes tonalidades, la azurita y el blue bice sean violetas, el verdigris morado, y la malaquita sea azul (Herrero-Cortell et al, 2022, p. 10-13).

Se ha podido comprobar, siguiendo los pasos precedentes del TFM que planteó Llacer (2021 p. 67) que la adición de resina mastic es capaz de modificar la respuesta de luminiscencia de los pigmentos. No la anula por completo, pero sí la modifica. Por ello, conviene tener en cuenta la limitación que genera la presencia de esta resina en la mezcla.

Igualmente, se debe tener en cuenta, si los resultados se quieren compararse con un caso real, la luminiscencia de otros estratos superiores que pueden aparecer, como el barniz, puede modificar la respuesta de los pigmentos. (Bacci, 20129, p. 31).

El infrarrojo muestra si un pigmento es absorbente, mostrándose más luminoso u opaco, al igual que el contraste producido por la respuesta de los pigmentos basales.

El infrarrojo de falso color es la conjunción de la imagen visible y el infrarrojo por lo que la imagen resultante estará a medio camino entre ambas. Los colores resultantes son diferentes a los observados en el rango visible en la mayoría de las ocasiones.

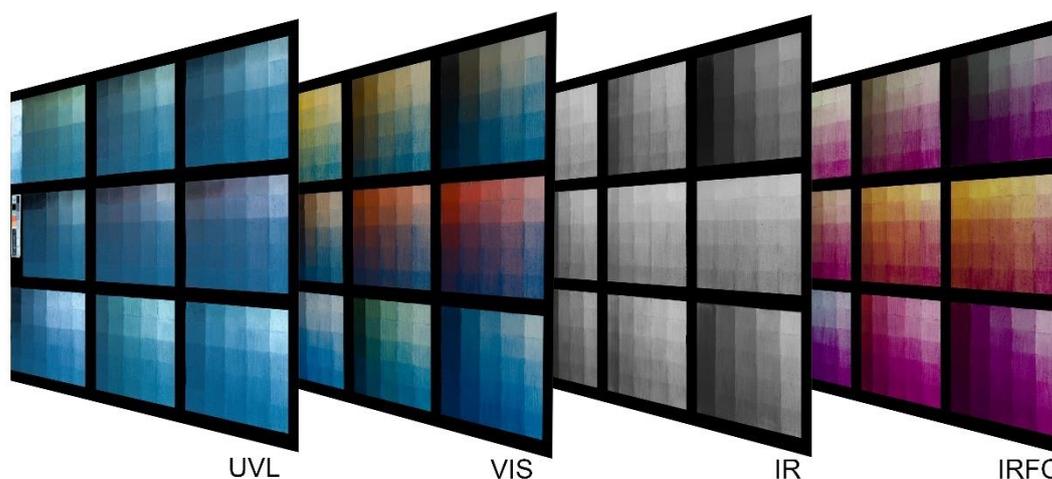


Figura 51. Representación gráfica de la sucesión de fotografías con diferentes longitudes de onda.

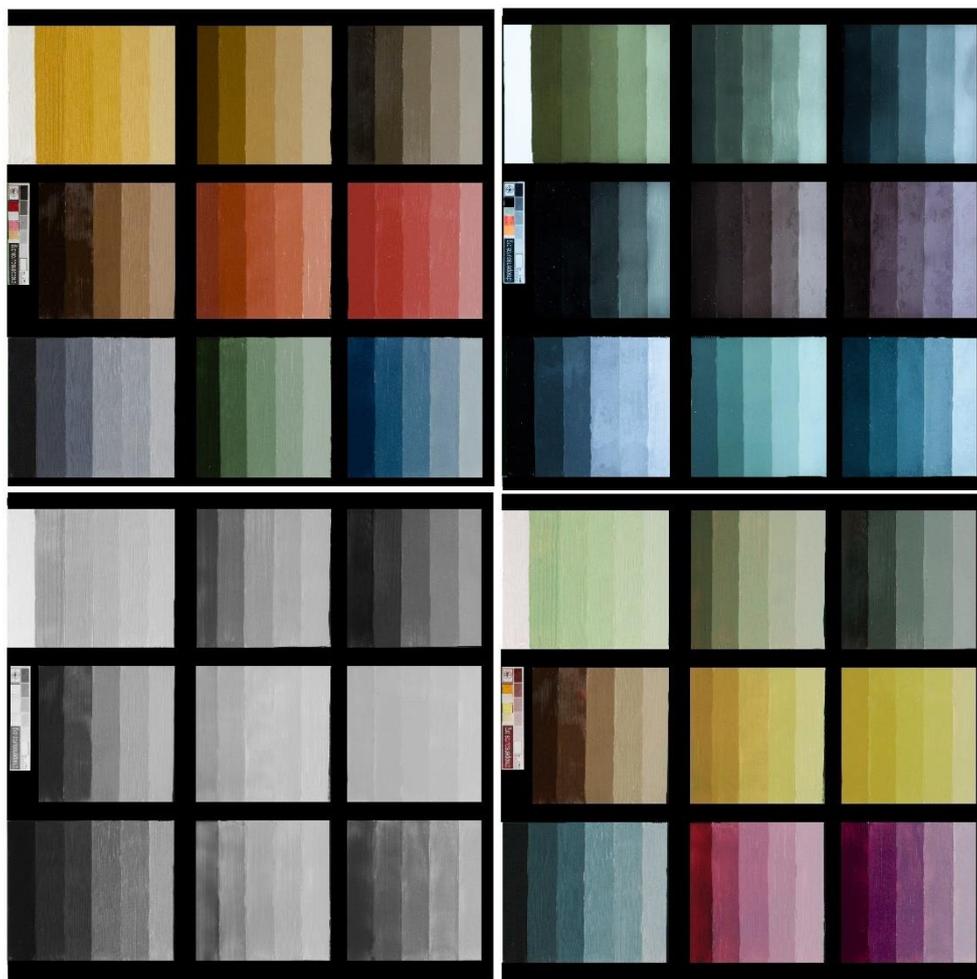


Figura 52. Fotografía multiband, de izquierda a derecha, y de arriba abajo, visible, UVL, IR, IRFC, de pigmentos basales.

Tabla de referencia pigmentos basales

VIS: la tabla de referencia de los tonos basales muestra el tono característico de cada pigmento utilizado; para poder comparar la influencia cromática de las diferentes veladuras sobre estos. Del mismo modo, se observa la gradación de las grisallas cromáticas que componen la tabla, a partir de ocre, siena, sombra. Atural; siena tostado, rojo férrico, bermellón, negro de vid, verde tierra y azurita, (de izquierda a derecha y de arriba abajo). Se ha incluido, además, una franja totalmente blanca, elaborada con blanco de plomo, y otra negra, a base de carbón; para poder valorar el aporte cromático de la veladura en sus dos versiones (aditiva, sobre blanco y sustractiva sobre negro).

UVL: las sombras, natural y tostada, junto con el bermellón, el rojo férrico y negro de vid son colores muy absorbentes, pero al incrementar la proporción de blanco de plomo emiten de forma exponencial luminiscencia. Sin embargo, los pigmentos ocre, siena natural, tierra verde y en menor medida la azurita presentan luminiscencia *per se*, con menor o mayor oscuridad como en el caso de la azurita (Cosentino, 2919, p.9). Todo ello aumenta la luminiscencia con la adición de blanco de plomo.

IR: la respuesta al IR es diversa, y resulta de especial interés para entender este fenómeno confrontarla con la imagen visible en blanco y negro. Como comportamientos destacables en IR conviene destacar cómo el blanco de plomo deviene gris, mientras que las sombras oscuras y el negro de vid se mantienen prácticamente negros, incrementando así su absorbancia con respecto a VIS. El rojo férrico se torna claro, mientras que el bermellón se iguala con el blanco de plomo, devolviendo un gris claro genera una grisalla monocroma, en la que escasamente se perciben los saltos cromáticos (Artoni et al, 2019).

IRFC: La mayoría de colores sufren variaciones significativas: los rojos tornan amarillo-anaranjado; ocre y siena natural devuelven verde amarillento. El sombra natural modifica ligeramente su apariencia, tornándose más verdoso. El negro de vid responde azulado, o con tendencia fría; la tierra verde deviene rojo intenso y la azurita a violeta, con gradaciones malvas. El único color que mantiene una apariencia semejante a la que presenta en VIS es el sombra tostada, tanto en color puro como en la grisalla.

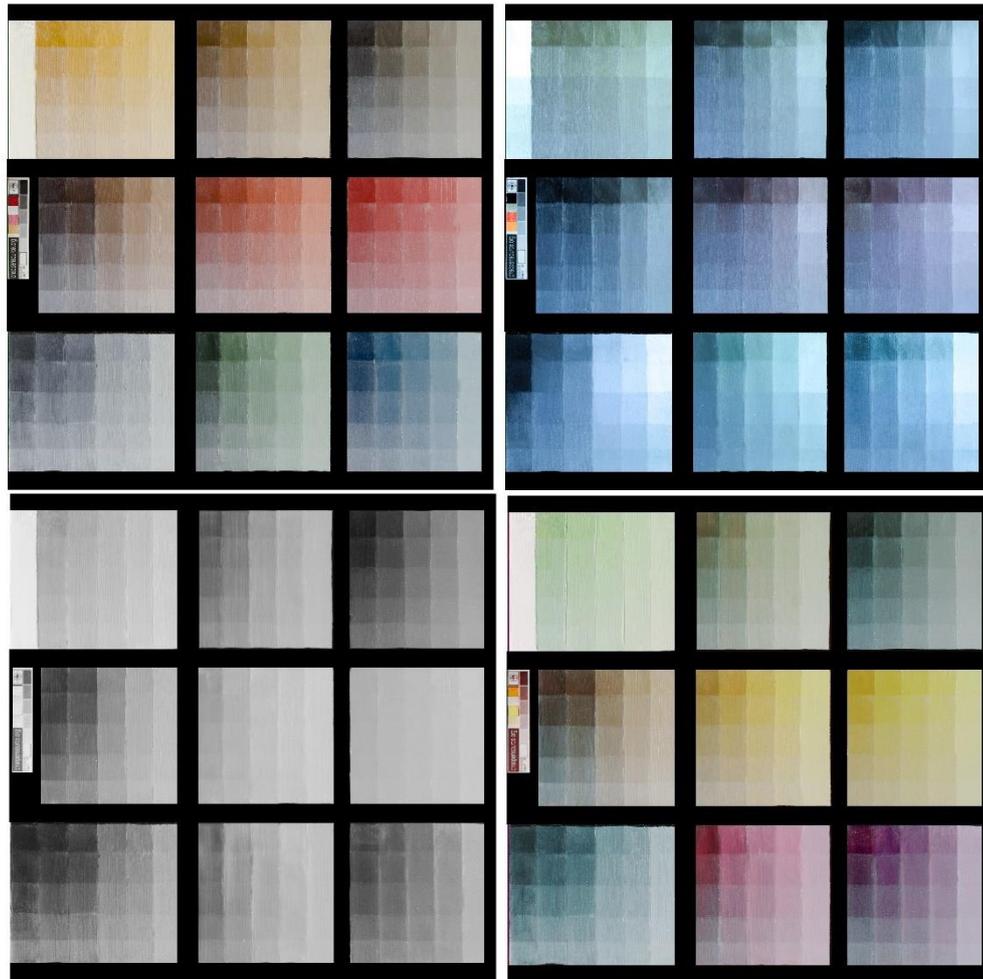


Figura 53. Fotografía multiband, de izquierda a derecha, y de arriba abajo, visible, UVL, IR, IRFC, de blanco de plomo.

Blanco de plomo

VIS: El blanco de plomo se presenta como una veladura clara sobre fondo oscuro, un tipo de aplicación que recibe la denominación de *scrambling* (Eastlake, 1847, p.262-264), en términos anglosajones. La influencia sobre el pigmento basal es gradual, generando un gradiente cromático escalonado. Se aprecia un pigmento fino y ligero, que origina una superficie homogénea, con tendencia translúcida, y con un particulado invisible.

UVL: presenta luminiscencia estable, con una respuesta análoga en todos los niveles de veladura. Apenas se diferencian el gradiente de intensidad, contemplándose una luminiscencia notable desde la primera aplicación hasta la última. La luminiscencia que presenta es de tono azulado. (Cosentino, 2014P.)

IR: La respuesta es gradual, a excepción de su aplicación sobre bermellón, rojo férrico y ocre, donde es prácticamente imperceptible, al igualarse con los valores de reflexión de tales pigmentos.

IRFC: el blanco de plomo en la imagen infrarroja de falso color toma un tono blanquecino muy similar al visible. Genera matices graduales a excepción del ocre, donde se percibe un ínfimo cambio tonal si se comparan la capa 1-1 y la capa 4, pero no hay saltos definidos.

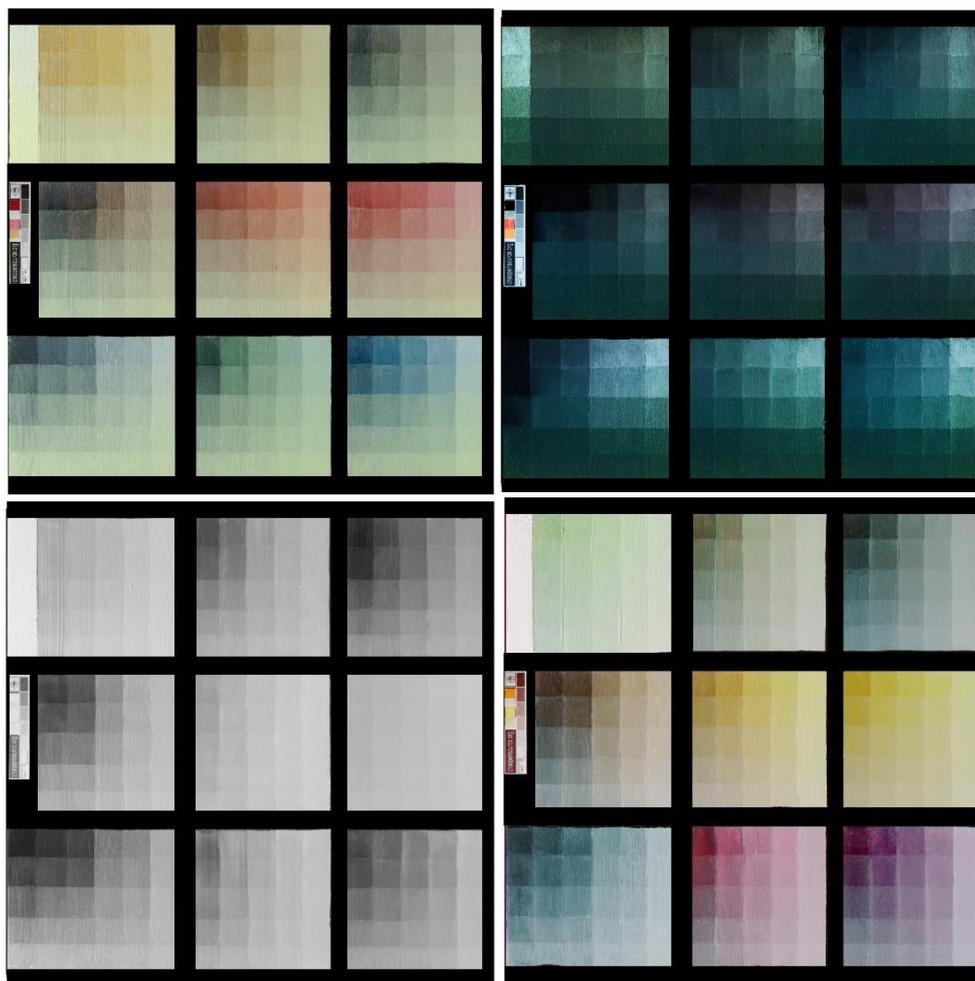


Figura 54. Fotografía multiband, de izquierda a derecha, y de arriba abajo, visible, UVL, IR, IRFC, de amarillo de plomo y estaño.

Amarillo de plomo y estaño

VIS: El amarillo de plomo y estaño es un color compacto, ligero, homogéneo, con tendencia translúcida, y que no es completamente transparente. Por su naturaleza clara, como se ha descrito para el blanco de plomo, forma el tipo de veladura llamada *scrumbling*. Es muy claro, poco saturado e incluso, ligeramente apagado. Rápidamente cubre el color subyacente de forma progresiva, como hacen los ocre de naturaleza un poco similar. La partícula no es visible.

UVL: Presenta escasa luminiscencia (si es que la presenta), porque no podemos garantizar que esta sea provocada por el pigmento y no por la resina. En la teoría sí que tiene ligera luminiscencia, pero escasa.

IR: En esta banda, el pigmento deviene claro pero muy cubriente, ejerciendo de capa de reflexión, pues cuando la radiación choca con el amarillo, en vez de atravesarla, refleja. Forma escalas ascendentes claras, porque la mayoría de los colores son más oscuros. Sobre el bermellón su presencia es indiscifrable, pues ambos adquieren un comportamiento similar, conformando un cuadro gris neutro claro, por lo que se neutralizan entre ellos, algo similar a lo que acontece sobre el ocre.

IRFC: Como sucede en la mayoría de los amarillos devuelve blanco, comportamiento ya descrito y ya observado por otros autores (CITAR). Esta técnica, por tanto, no es apropiada, para mapear este pigmento.

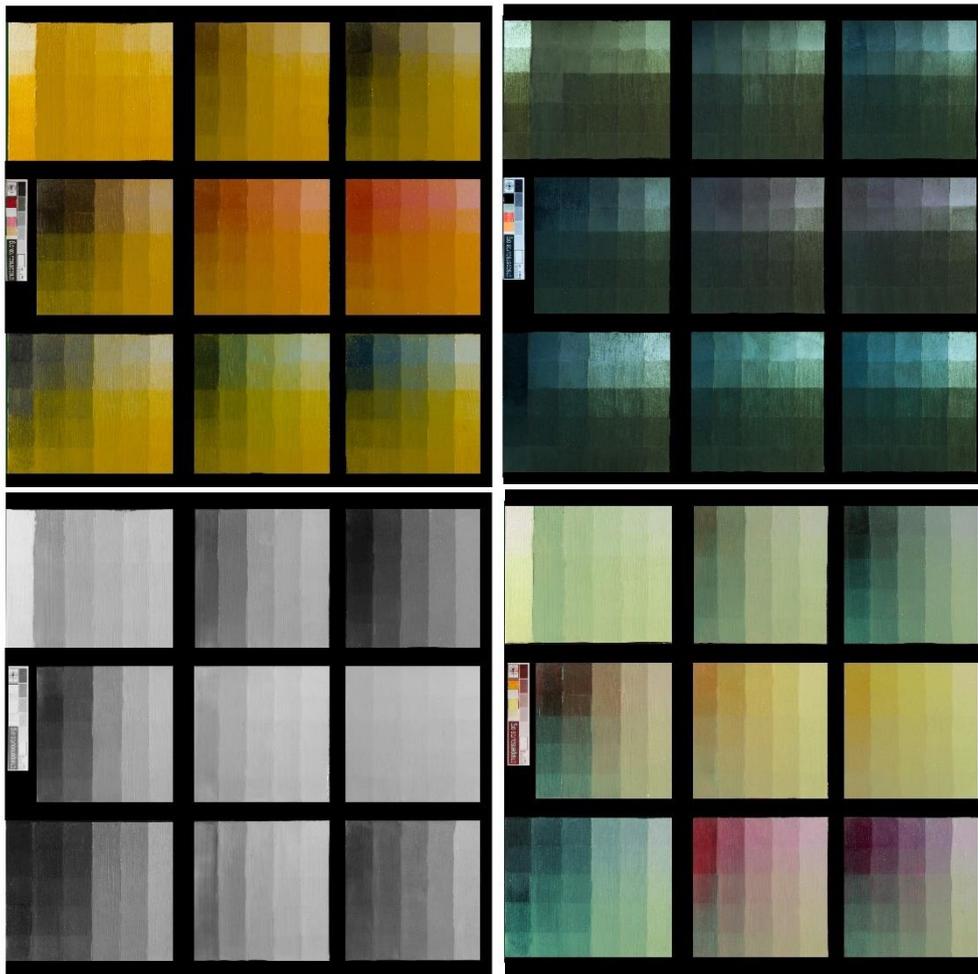


Figura 55. Fotografía multiband, de izquierda a derecha, y de arriba abajo, visible, UVL, IR, IRFC, de ocre.

Ocre

La naturaleza y composición exacta de cada ocre condiciona sus cualidades, por lo que se valoran los parámetros observados para este caso, sin poder generalizar a otros ocre que no compartan idéntica composición. En este caso, se trata de un amarillo intenso con la partícula muy fina

VIS: este ocre devuelve en apariencia visible un color muy compacto, que rápidamente tiende a devenir cubriente. En su naturaleza está la capacidad cubriente, empleándose los más transparentes, pero sí genera una buena dispersión al ser mezclado con un barniz y, así, al aligerarse, se pueden formar gradientes, con tendencia a saturarse rápidamente. Es, por tanto, un color susceptible de emplearse sobre grisallas subyacentes, y más si se trata de tonos cálidos, sobre los que funciona muy bien.

UV: es muy absorbente. Incluso sobre el blanco de plomo, ya descrito como un color muy luminiscente, enseguida mitiga la luminiscencia subyacente al superponérsele un estrato fino de ocre. La capacidad de ser compacto en el visible es la misma que tiene de restar luminiscencia a los colores subyacentes que la presentan.

IR: es muy transparente, fenómeno que no sucede con todos los tonos de esta familia. Sobre las grisallas cromáticas, prácticamente es imperceptible. Se ven perfectamente las bandas y, en cambio, casi no se llegan a ver las aplicaciones transversales en veladura. En cualquier caso, en IR, su transparencia no depende de su grosor.

IRFC: devuelve una tonalidad amarillenta, como sucede con las tierras que se aprecian muy parecidas al visible. En este caso el tono es amarillo claro, pero ciertamente diferenciado del visible. En esta ocasión sí se aprecian los gradientes.

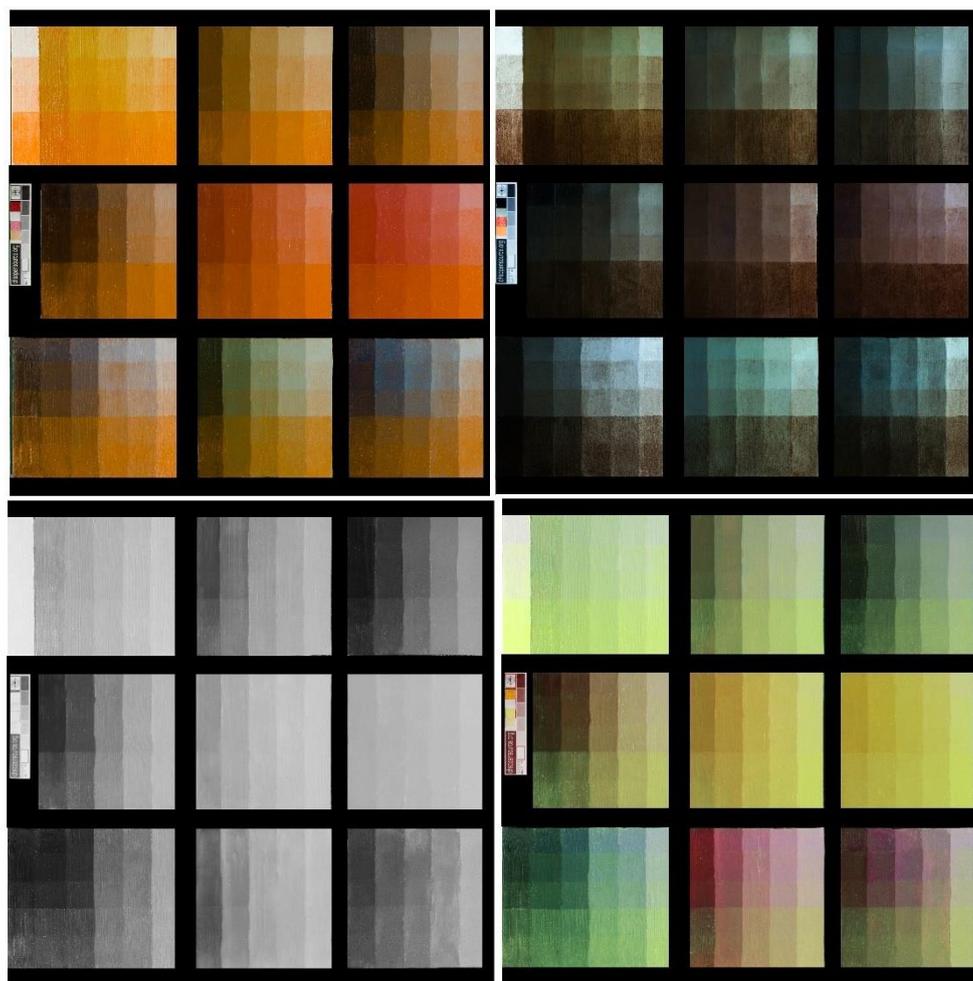


Figura 56. Fotografía multiband, de izquierda a derecha, y de arriba abajo, visible, UVL, IR, IRFC, de minio.

Minio

VIS: es un color compacto, que puede presentar diferencias tonales según el modo en el que esta producido, por lo que hay minios más rojos, amarillentos, ocre o anaranjados. De naturaleza grasa, se aplica con dificultad y genera problemas de dispersión. Cubre de manera irregular la superficie, e interactúa con los colores que hay debajo, con lo cual se puede utilizar para veladuras. Sin embargo, conviene destacar que cuando empieza a tener un correcto comportamiento para su aplicación es justo cuando empieza a devenir cubriente. En general, el minio presenta una partícula muy pequeña y fina, como el resto de los pigmentos de plomo, siendo también de naturaleza grasa.

UV: Es un color absorbente, sin luminiscencia, que incluso es capaz de mitigar, de buen grado, la luminiscencia de cualquier pigmento subyacente.

IR: Es poco absorbente, y se aprecia poco, como el resto de colores descritos a base de plomo. Su capacidad de reflexión le hace que pueda llegar a modificar el comportamiento oscuro de algunos pigmentos, si bien, es también un pigmento muy transparente. En las primeras capas o en aplicaciones desaparece, solo se llega a apreciar ligeramente, cuando la concentración es muy grande, si el pigmento que hay abajo presenta una mayor absorbancia, sino como sucede con el bermellón, el ocre o el rojo férrico no se aprecia.

IRFC: Tiene un característico tono amarillo limón que se ha descrito, siendo de los amarillos más claros, aunque, pese a su fuerza cromática, pierde intensidad con respecto al visible en esta técnica.

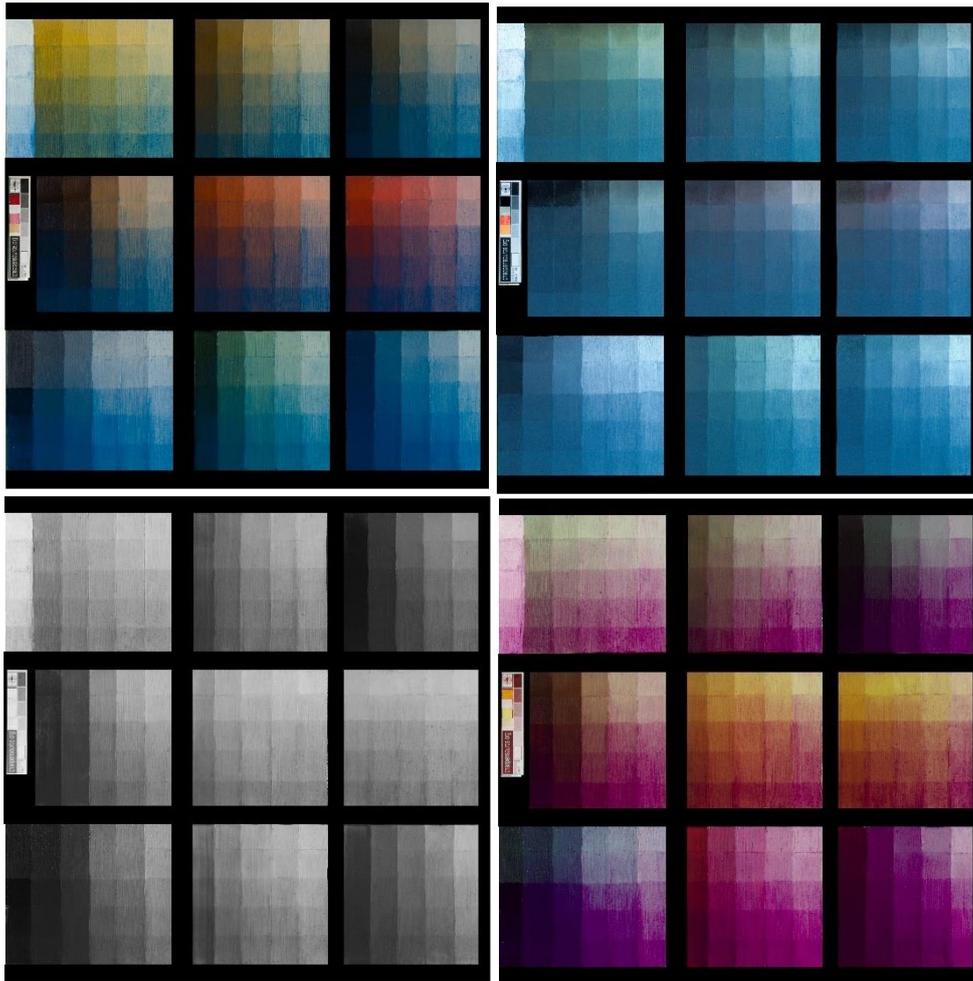


Figura 57 Fotografía multiband, de izquierda a derecha, y de arriba abajo, visible, UVL, IR, IRFC, de blue bice.

Blue bice

VIS: es un azul cúprico, con una tendencia bastante transparente. La partícula es ligeramente visible, perceptible, pero capaz de producir un tono homogéneo, compacto a la hora de cubrir, y capaz de modificar sustancialmente el tono subyacente.

UV: conforma una ligera fluorescencia azulada-blanquecina.

IR: es perfectamente visible, vemos las escalas tonales que conforma en función de la concentración. Conforma grises ligeramente transparentes, con escasa diferencia cromática. No presenta una gran absorberencia.

IRFC: devuelve un tono violáceo muy saturado, cuando la mayoría de azules devuelven rojos. En este caso da un tono violáceo, magenta encendido, casi violeta. Se aprecia particularmente bien la capacidad que tiene el color de conformar esas veladuras.

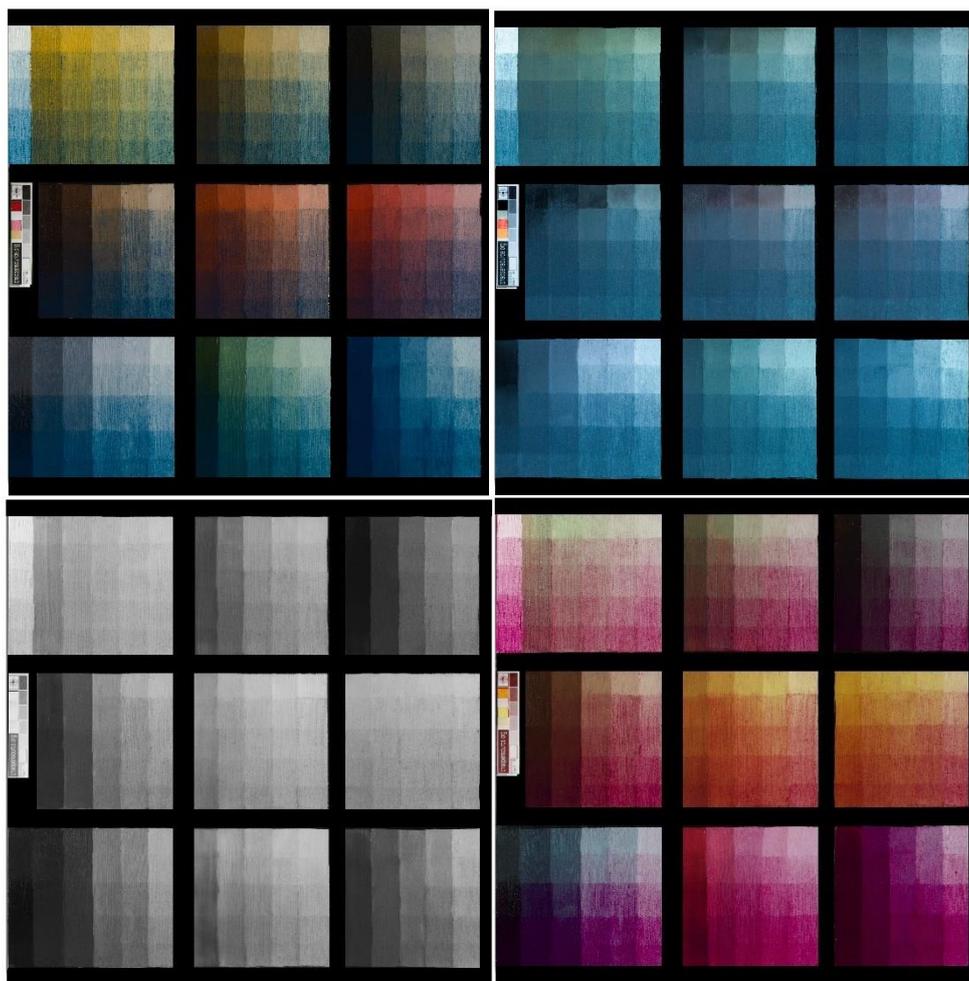


Figura 58 Fotografía multiband, de izquierda a derecha, y de arriba abajo, visible, UVL, IR, IRFC, de azurita.

Azurita

VIS: la azurita es de los azules inorgánicos más intensos, pues es el carbonato de cobre más concentrado. En general, tiene unas características bastante estudiadas, en términos de imagen, por haber sido un pigmento sumamente presente en toda la pintura desde la Edad Media hasta el siglo XVIII, cuando comenzó a ser desplazado por el azul de Prusia, que vino a sustituirlo, y posteriormente en el siglo XIX por la existencia de otros azules, como el cobalto, o el ultramar sintético. La azurita, presenta algunas características inherentes a su naturaleza, por ejemplo, es tremendamente duro de moler, lo que hace que en veladuras presente un particulado siempre visible. Por ello, es menos susceptible de ser usado para este fin, siendo más adecuado en una pintura en pasta. Probablemente, las veladuras de azurita fueron menos utilizadas que otros azules más apropiados. Basta un poco cantidad de pigmento para alterar completamente la percepción del tono subyacente.

UV: como el blue bice, es ligeramente luminiscente. Sobre el negro se gradúa fácilmente, ya que es absorbente, se aprecia su capacidad luminiscente. Como se ha descrito para el bice, no se puede llegar a determinar el porcentaje de luminiscencia del pigmento y cuánto es inducido por la presencia del barniz,

IR: La azurita pura en el IR ha sido descrita habitualmente como un pigmento de elevada absorbancia, no obstante, en este caso, y como sucedía en el blue bice, la menor concentración de azurita en la dispersión de la veladura hace que el pigmento tenga un comportamiento menos absorbente. Por otra parte, mantiene cierta transparencia, permitiendo ver la escala tonal inferior,

IRFC: Es bien conocida y está descrito el comportamiento violáceo de la azurita en el falso color, quizá con un color más intenso, más absorbente que en el blue bice. De hecho, teniendo en cuenta la diversidad existente, esta puede ser más rojiza o violácea dependiendo de su propia naturaleza.

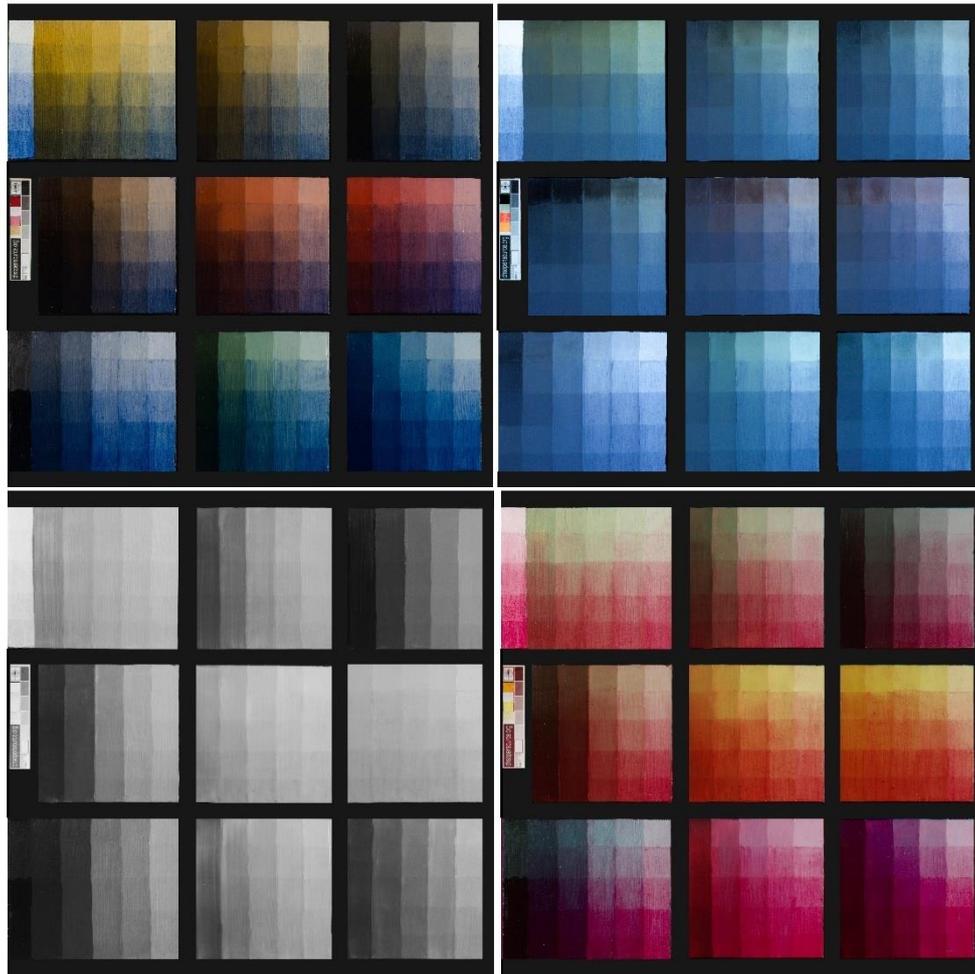


Figura 59. Fotografía multibanda, de izquierda a derecha, y de arriba abajo, visible, UVL, IR, IRFC, de ultramar natural.

Ultramarino natural

VIS: el pigmento ultramar en el espectro visible muestra un tono azul intenso. Perteneció al grupo de los carbonatos (Eastaugh, 1998, p.60), al igual que la azurita, por lo que comparte ciertas características. La partícula se aprecia, conformando una apariencia de granulometría dispersa, carente de una distribución homogénea. Es un pigmento que, además, por su propia naturaleza tiende a agruparse, por lo que fácilmente se percibe a simple vista la impronta del pincel al ser aplicado. Aun así, cubre significativamente, gradualmente en su comienzo, pero llega a saturación en la tercera capa, por lo que apenas hay salto a la cuarta capa.

UV: se aprecia ligera luminiscencia azulada, descrita habitualmente para este pigmento, aunque no se trata de una luminiscencia intensa, en ningún caso.

IR: es muy poco absorbente, y apenas se aprecia cambio tonal, dejando entrever --por su elevada transparencia-- a la escala tonal de los pigmentos basales.

IRFC: se muestra como magenta rojizo y vivo, significativamente menos violáceo que los carbonatos de cobre.

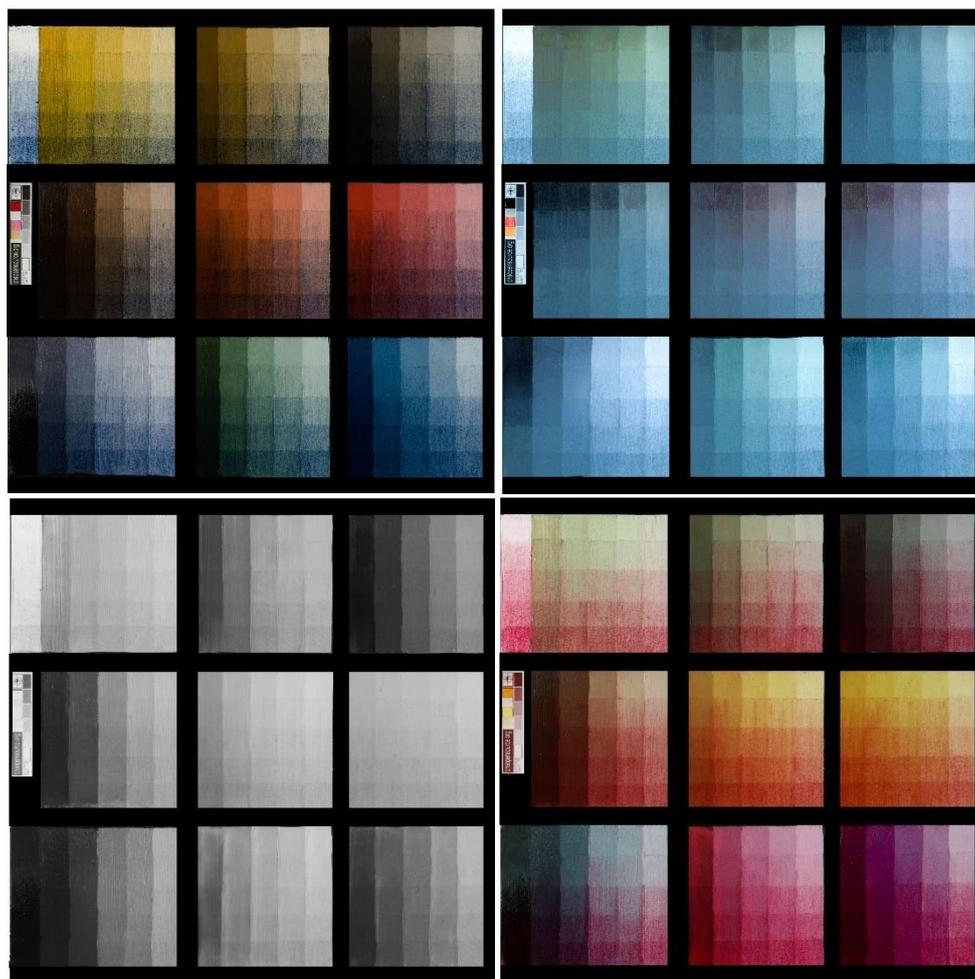


Figura 60. Fotografía multiband, de izquierda a derecha, y de arriba abajo, visible, UVL, IR, IRFC, de esmalte.

Esmalte

VIS: de naturaleza vítrea, el esmalte tiene siempre una partícula visible, por la dificultad que entraña un pulverizado muy fino, dada su tenacidad, lo que motiva que se aprecien los cúmulos generados por la deposición de pigmento al ser aplicado con pincel. Se presenta con un tono azul intenso, oscuro pero transparente. La matización del color subyacente es gradual, se alcanza a ver la diferencia tonal de las capas de veladura y de la grisalla basal.

UV: presenta cierta luminiscencia, en colores muy absorbentes como el negro de vid o el sombra tostada, si aprecia su aplicación gradual, y en colores con mayor luminiscencia como el blanco de plomo la cobre. Se aprecia claramente la gradación de las diferentes capas de aplicación.

IR: la respuesta que muestra el esmalte en el IR es muy sutil, pero se diferencian de forma clara las líneas marcada por la gradación de la veladura. Es absorbente, desapareciendo en colores absorbentes, como negro de vid, pero también reduciendo su visibilidad en el bermellón y el ocre.

IRFC: se muestra como color rojo fío. De naturaleza transparente, su color se ve influenciado por el tono subyacente, de tal forma sobre el negro de vid adquiere un tono magenta-violáceo, y sobre el tierra verde adquiere un tono magenta con un matiz rojo vivo. Nuevamente se hacen presentes la evidente granulometría del pigmento y la falta de homogeneidad. Aun así, la gradación continúa siendo marcada.

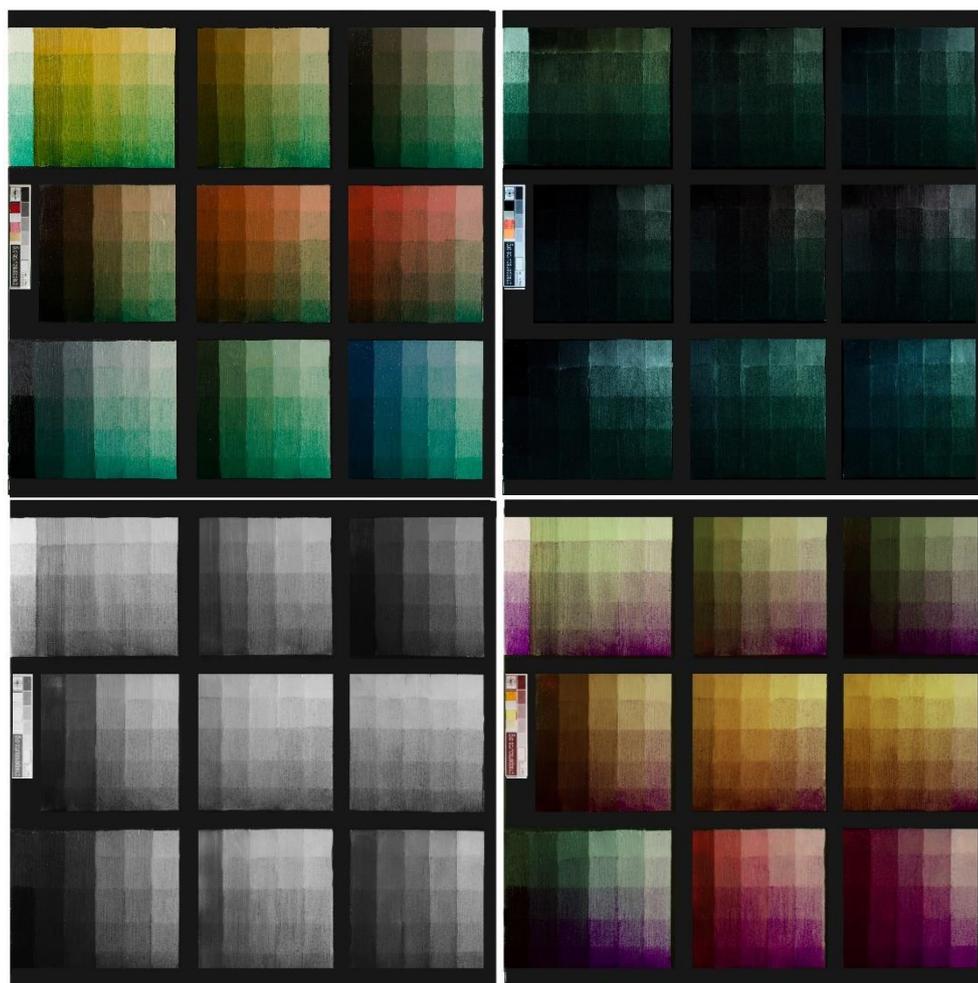


Figura 61. Fotografía multiband, de izquierda a derecha, y de arriba abajo, visible, UVL, IR, IRFC, de cobre.

Acetato de cobre

VIS: la fotografía visible revela un pigmento de color azul verdoso. Genera una veladura homogénea, donde no se aprecia la partícula del pigmento. Se observa su naturaleza transparente, que da lugar a buenas matizaciones del color subyacente, observándose un gradiente regular hasta la última capa de veladura, donde se aprecia tan solo un matiz del tono basal, si bien no tiene poder cubriente (en términos de opacidad)

UV: el acetato de cobre es un pigmento muy absorbente, que cubre de manera homogénea y que, a diferencia de lo que sucede en VIS, tiene tendencia a opacar. Así, se observa interacción con el pigmento subyacente anulando, especialmente su luminiscencia. Incluso sobre el blanco de plomo, pigmento que, como ya hemos dicho posee gran capacidad de respuesta lumínica en UVL, consigue minimizar su luminiscencia. Otros pigmentos, menos luminiscentes, como la tierra verde o la azurita, se ven neutralizados desde la capa 1 -1 de veladura, donde la presencia de pigmento se presenta en las otras imágenes técnicas como casi imperceptible.

IR: se aprecia una respuesta medianamente absorbente. Es semejante la influencia que ejerce sobre todos los pigmentos basales. Se aprecia gradiente escalonado, distinguiéndose perfectamente las etapas de aplicación. Destaca como la capa 1-1 presenta muy poca diferencia con la capa 1, por lo que se considera que la eliminación del pigmento en la capa 1 -1 no es completa.

IRFC: en el IRFC este pigmento devuelve un color morado, compacto pero apagado. La veladura se aprecia sobre todo en las capas 2 y 3, mientras que la 4 casi se completa la saturación, ocultando el pigmento subyacente.

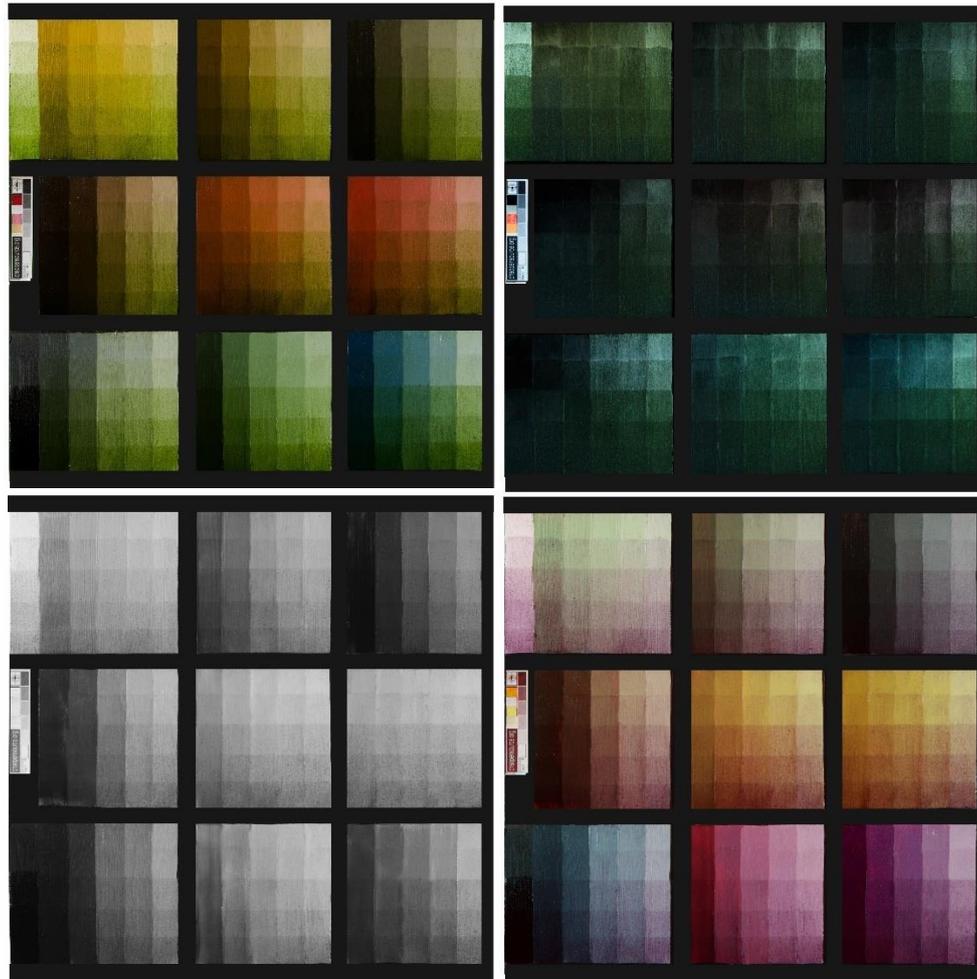


Figura 62. Fotografía multiband, de izquierda a derecha, y de arriba abajo, visible, UVL, IR, IRFC, de cobre y reseda.

Acetato de cobre y reseda

VIS: este color se ve condicionado por sus dos componentes, el acetato de cobre y la reseda, influyendo de manera equitativa uno en el otro. Como hemos visto el acetado de cobre presenta un color azul verdoso, en cual en esta tabla se ve altamente matizado por la reseda, de origen orgánico, que aporta un color amarillo intenso, obteniéndose verde vivo, más cálido.

UV: Al igual que el acetato de cobre, con la adición de reseda, su respuesta en ultravioleta es muy absorbente y cubriente. Se aprecia como modifica la luminiscencia del tono subyacente a un ligero tono amarillento en vez de azul como ocurría anteriormente, debido a las naturales propiedades de luminiscencia amarillenta descritas para la reseda (Llacer, 2021).

IR: del mismo modo que el acetato de cobre la respuesta en IR es absorbente. La influencia de la reseda, de naturaleza transparente y clara, implica una respuesta menos absorbente, lo que se traduce en una escala de grises menos oscura. Las gradaciones son más sutiles que en el acetato de cobre solo.

IRFC: En este caso la respuesta obtenida es de un tono violeta muy claro, con gran transparencia. Las gradaciones son sutiles, apenas se aprecia la primera aplicación, no es muy cubriente.

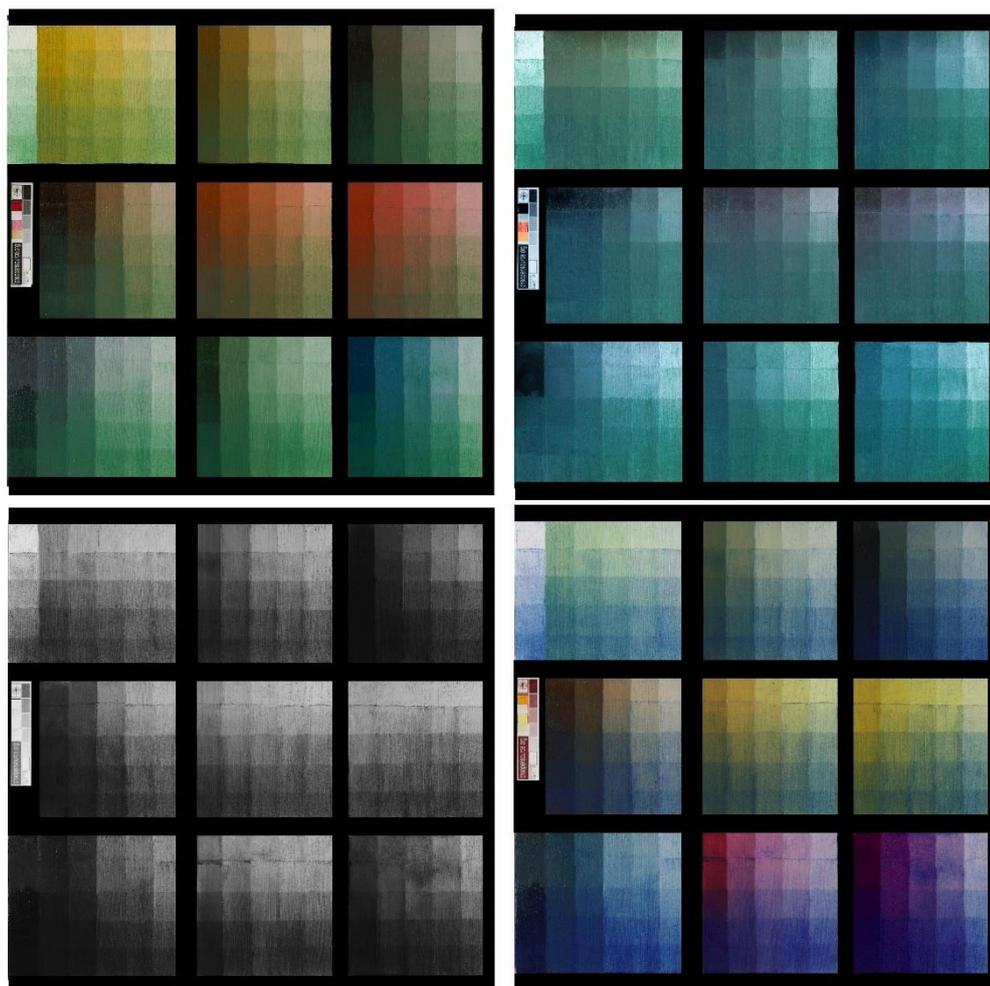


Figura 63. Fotografía multiband, de izquierda a derecha, y de arriba abajo, visible, UVL, IR, IRFC, de malaquita.

Malaquita

VIS: la malaquita es un pigmento con la partícula bien visible, por su naturaleza cristalina. Su aplicación irregular, hace que no conforme estratos homogéneos. Se considera transparente, pero con capacidad de cubrir el color subyacente. El gradiente es escalonado hasta la última capa de veladura. Su influencia sobre el negro de vid es elevada, al igual que en tono oscuros como el sombra natural. Sobre los colores puros se aprecia como aporta luminosidad verdosa.

UV: se presenta como un pigmento luminiscente con tono azul de tendencia verdosa. Alcanza la saturación de luminiscencia en la segunda aplicación, apreciándose pequeños matices en la gradación sobre el blanco de plomo.

IR: en respuesta a la radiación infrarroja es muy absorbente; quizás uno de los más absorbentes, junto con la azurita, con la que tanto comparte químicamente. Pese a la oscuridad que induce, no consigue mitigar los tonos basales menos absorbentes. Destaca la influencia oscurecedora sobre el pigmento sombra natural,

IRFC: su respuesta en IRFC es azul, con un matiz añil, aportando luminosidad a los tonos basales. Se considera transparente, pero aun así cubriente. La malaquita y la criscola son los únicos verdes que devuelven una respuesta azulada, puesto que el resto de verdes oscilan entre el rojo y el morado.

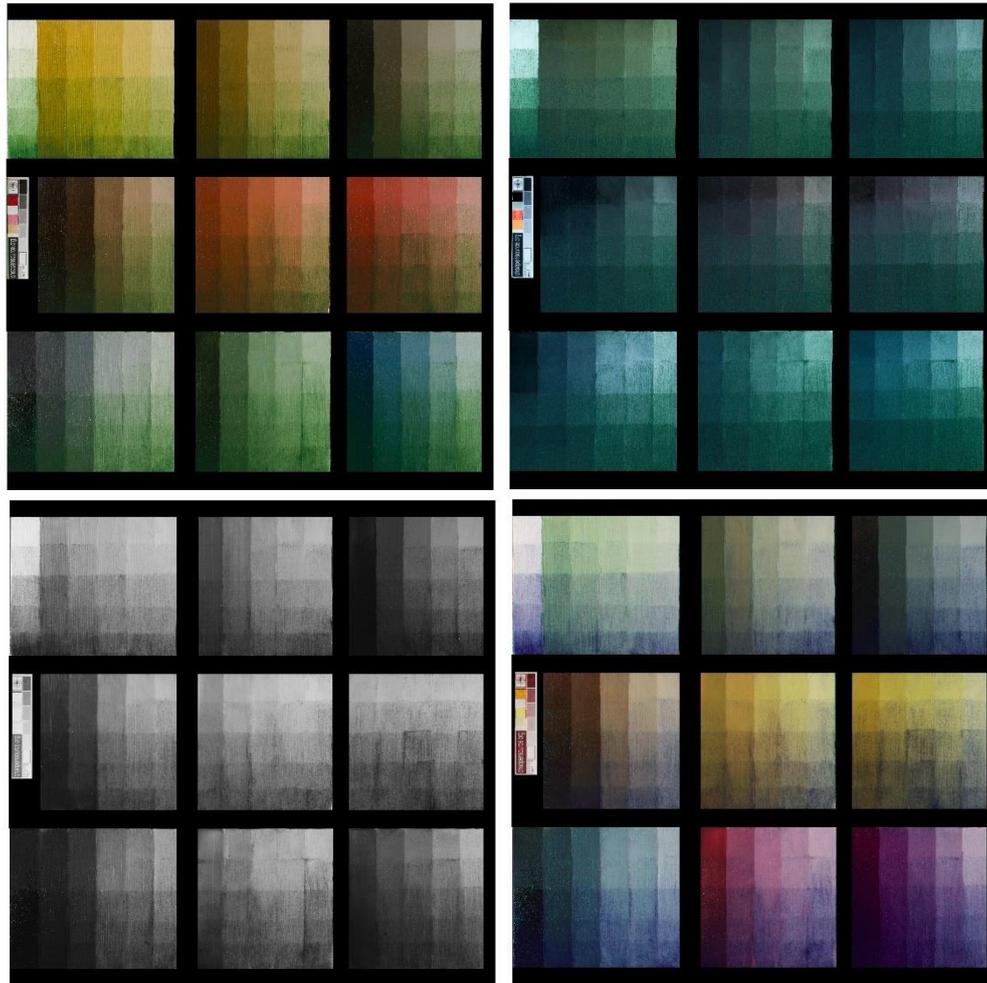


Figura 64. Fotografía multiband, de izquierda a derecha, y de arriba abajo, visible, UVL, IR, IRFC, de crisocola.

Crisocola

VIS: con partícula visible, la crisocola genera una veladura irregular, valor que se incrementa exponencialmente al superponerse mayor número de capas. El color que presenta es verde apagado, sin apenas brillo. El gradiente entre capas es difuso ya que la aplicación genera cúmulos heterogéneos. Presentan gran similitud en la saturación las capas 2 y 3.

UV: presenta una gran absorción, cubriendo los colores subyacentes que exhiben luminiscencia. En este caso, se aprecia gran similitud en las capas 3 y 4, indicador de que el pigmento se encuentran ya en su pico óptimo de saturación.

IR: la gradación es equilibrada sin llegar a ser tan absorbente como para cubrir el tono inferior, siendo, de hecho, algo menos absorbente que la malaquita. En esta imagen se ve claramente como la deposición de pigmento de veladura en superficie es muy irregular, generando lagunas y concentraciones de saturación.

IRFC: la respuesta es un color azul intenso bastante oscuro. Presenta gran transparencia, y los gradientes son menos intensos, pero igual de irregulares.

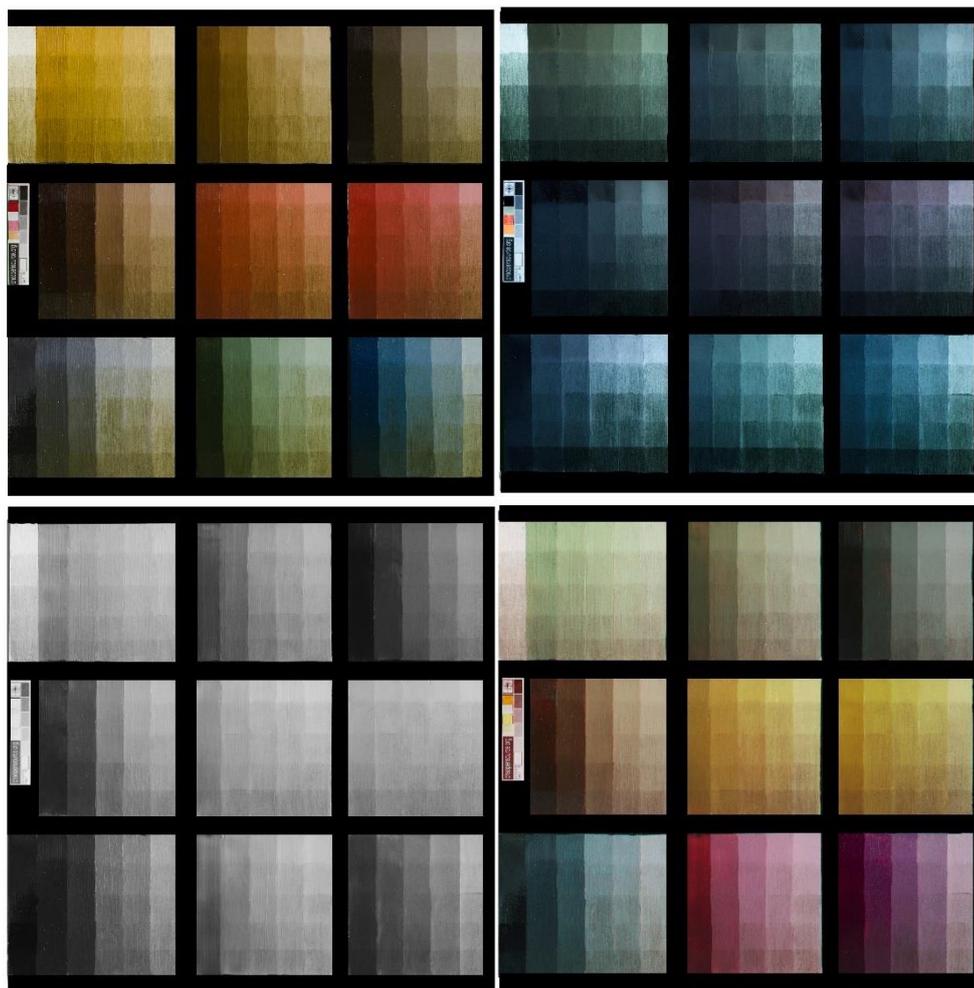


Figura 65. Fotografía multiband, de izquierda a derecha, y de arriba abajo, visible, UVL, IR, IRFC, de celadonita.

Celadonita (verde verones)

VIS: la celadonita es un pigmento que no alcanza gran saturación, siendo su poder cubriente limitado. No es homogéneo, al ser aplicado las partículas se quedan impregnadas en el pincel, hecho que dificulta obtener una superficie equilibrada. Según la literatura (Eastaugh, 1998, p. 641), la celadonita bajo luz polarizada es de un color varia desde el verde esmeralda hasta el verde oliva o marrón, en este caso se contempla una celadonita prácticamente marrón, con tintes verdes.

UV: es un pigmento muy absorbente. Presenta una respuesta gradual, de tal forma se observan todos los gradientes de la veladura. La última aplicación muestra el gran poder cubriente que tiene, mitigando hasta casi la totalidad la luminiscencia de los pigmentos basales.

IR: la celadonita devuelve una respuesta muy sutil. Genera una grisalla, que marca las capas de veladuras de forma clara, pero sin variar en gran medida la tonalidad.

IRFC: da un color de aspecto terroso, similar al observado en visible, pero con un matiz violáceo. Mucho más sutil que en visible, su influencia sobre los pigmentos basales es ínfima.

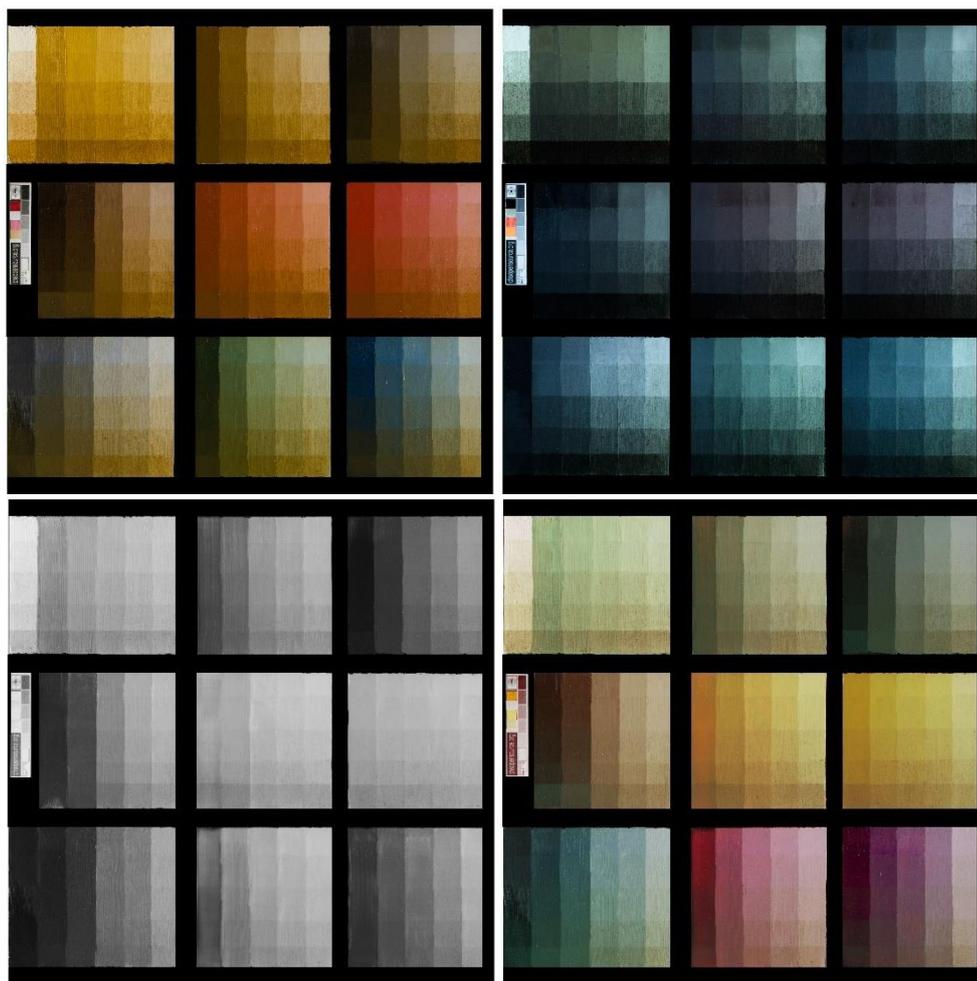


Figura 66. Fotografía multiband, de izquierda a derecha, y de arriba abajo, visible, UVL, IR, IRFC, de ocre habana.

Ocre habana

VIS: el ocre habana es un color terroso, similar al ocre amarillo pero mucho más oscuro, aunque aun así sigue siendo cálido. Se aprecia un color homogéneo, no destaca su partícula. A pesar de ser una tierra se aprecia bastante transparente y poco cubriente. La saturación es transitiva, se pueden observar las diferentes capas de veladura de forma clara.

UV: es un pigmento absorbente, suprime la luminiscencia de los colores subyacentes. Llega a ser completa la anulación en la última capa de veladura, por lo que se considera cubriente. La transición entre capas es marcada pero mucho más saturada que en el visible.

IR: el ocre habana en IR es ligeramente absorbente, comparado con otros ocre, y esta característica aumenta con la superposición de capa, por lo que se considera que es sumatorio. Se aprecia la gradación de veladuras, a excepción de la capa 1 -1 y 1, su diferencia es muy sutil.

IRFC: responde como un color terroso, pero mucho más oscuro y cálido, con tendencia violácea. Mucho más transparente y menos cubriente que lo observado en visible.

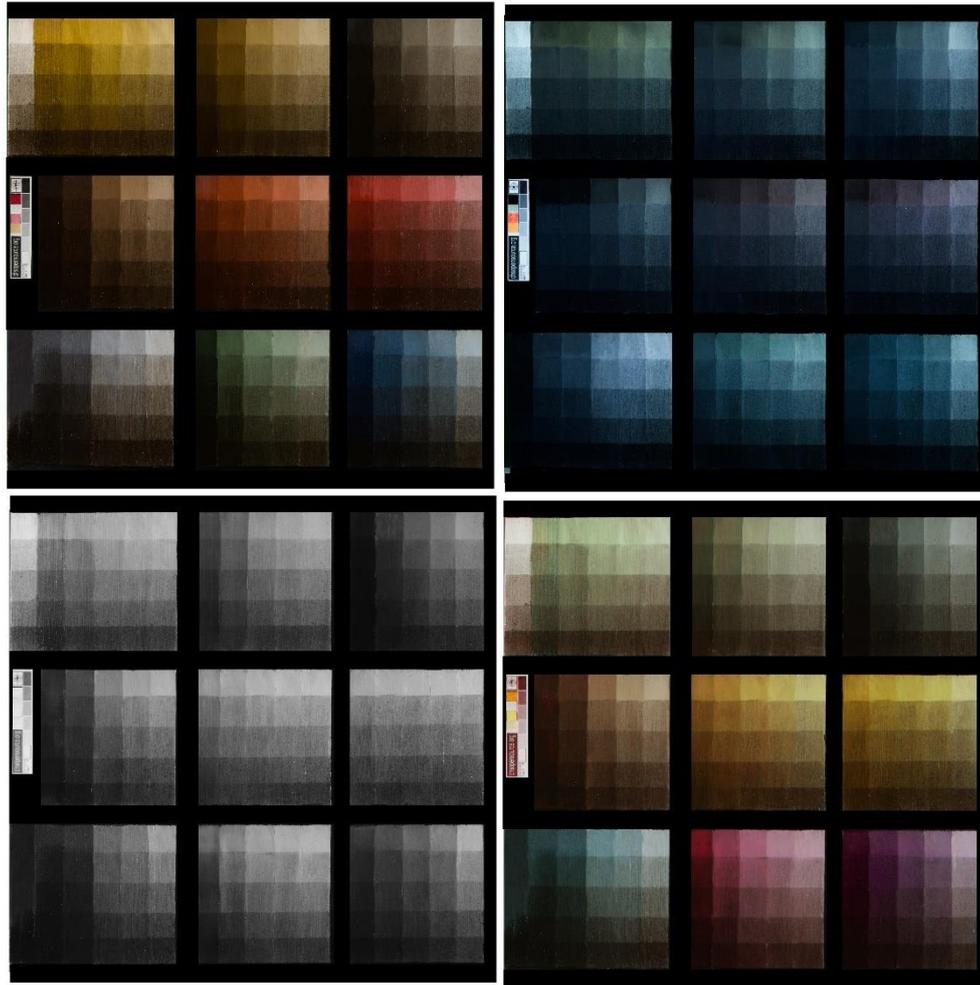


Figura 67. Fotografía multiband, de izquierda a derecha, y de arriba abajo, visible, UVL, IR, IRFC, de pardo van Dyck.

Pardo van Dyck

VIS: no se aprecia la partícula del color pardo. Se trata de un tono oscuro que cubre casi por completo en la cuarta capa de veladura. Es homogénea y relativamente transparente. La gradación es paulatina, aportando un intenso color pardo desde la primera aplicación. La capa 1 -1 genera cierta matización en el color subyacente pero es prácticamente despreciable.

UV: es un pigmento muy absorbente, al igual que otras tierras, cubre colores como el blanco de plomo de gran luminiscencia. Se aprecia gradación intensa, apareciendo la capa 1 -1 con cierta presencia de pigmento y por lo tanto, falta de luminiscencia en el pigmento basal.

IR: la respuesta en IR también es de una gran absorción. De igual modo, aparece un marcado gradiente que delimita las capas de veladura.

IRFC: el pigmento pardo responde con un color muy parecido al apreciado en el visible. Un tono tierra bastante oscuro, pero con cierta calidez. Se puede observar como la gradación de las capas de veladura es algo más sutil, aumentando la transparencia del tono.

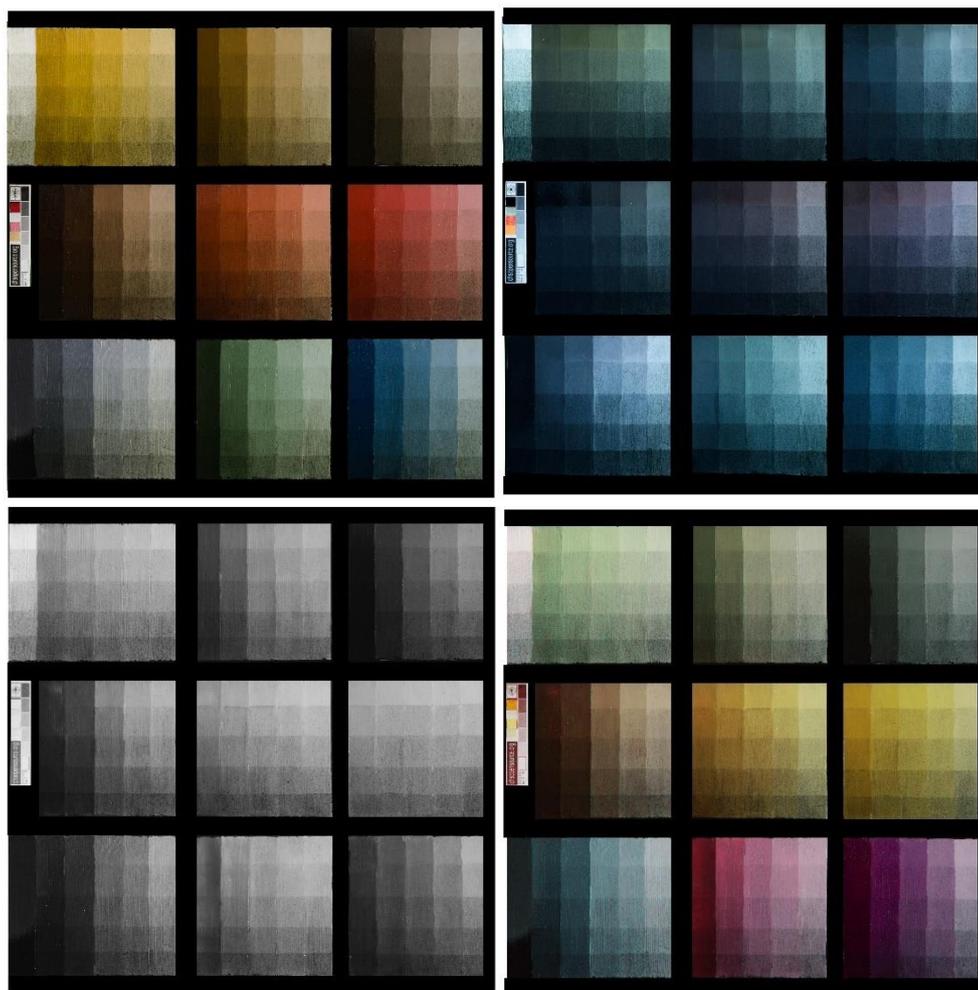


Figura 68. Fotografía multiband, de izquierda a derecha, y de arriba abajo, visible, UVL, IR, IRFC, de vivianita.

Vivianita

VIS: Se ha documentado, no excesivamente, en pinturas y esculturas de los siglos XVI y XVII. Se aprecia la partícula a simple vista, siendo un pigmento de difícil molienda. El pigmento es notablemente transparente, con un color poco definible, oscuro a camino entre verde oliva, marrón y con cierta matización azulada, descrito según las fuentes una variación de color entre gris azulado o verde oscuro (Price, 2016). El gradiente que genera es sutil pero perceptible.

UV: Es un color absorbente, de hecho, el negro no presenta ninguna luminiscencia, y además , mitiga la luminiscencia del blanco de plomo.

IR: Es un poquito más perceptible que en el visible, por lo que se perciben ligeramente mejor saltos tonales en las gradaciones, lo que muestra que hacia el IR va a ser absorbente.

IRFC: Presenta un tono particularmente parecido al que presenta en el visible, es un comportamiento que también se ha descrito en algunas tierras. Es de entre los pigmentos observados el que demuestra una apariencia más parecida al visible. Es ligeramente más cubriente que en el visible, pero menos que en el IR.

6.3. FTIR

La espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) es una técnica que se utiliza para el estudio de especiación molecular de los elementos químicos orgánicos y grupos funcionales. Con este método con la caracterización de la especiación molecular se han obtenido como resultado bandas que son producidas por los grupos funcionales. Gracias a dicha asignación es posible la identificación de pigmentos, aglutinantes y barnices en pinturas a través de su caracterización en estos grupos funcionales en espectros de bandas (Gómez, 2021, p. 19).

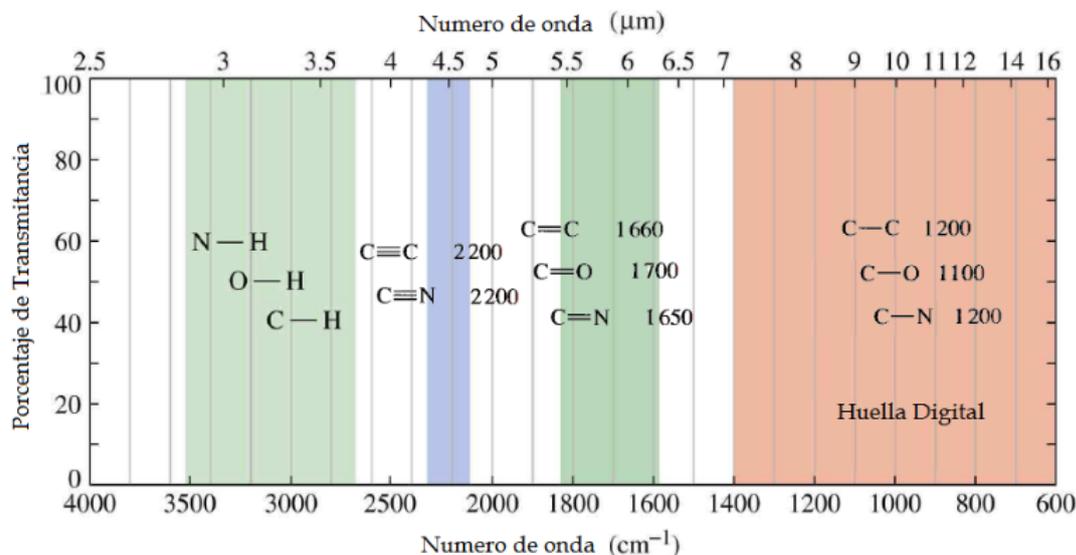


Figura 69. Relación grupos funcionales en espectro de banda (Maidana, 2017, p.21).

Carbonatos

Azurite ($2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$), malachite ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$), lead white (cerussite PbCO_3 and hydrocerussite $2\text{PbCO}_3 \cdot 3\text{Pb}(\text{OH})_2$)

Los carbonatos inorgánicos se han utilizado como pigmentos desde antigüedad; comprenden muchos minerales como la calcita, dolomita, azurita y malaquita y también algunos sintéticos sales metálicas como el blanco de plomo (una mezcla de neutro y carbonato básico de plomo). Transmisión espectros infrarrojos de carbonatos muestran cuatro prominentes bandas de absorción de CO_3^{2-} fracción en las regiones 1390-1500, 800-900, 680-780 y 1000-1100 cm^{-1} . (Ver espectro Anexo. Blanco de plomo) Estas bandas, siendo único en posición y forma para cada carbonato metálico, son diagnósticos de la composición molecular de los diversos pigmentos. Además, recientemente se ha demostrado en estudios arqueológicos muestras que las características de transmisión infrarroja pueden habilitar diferenciando incluso entre minerales de calcita con diferentes orígenes. Además, los carbonatos básicos muestran también la fundamental Modos de estiramiento OH a aproximadamente 3425 cm^{-1} para azurita, en 3400-3320 cm^{-1} como doblete para malaquita y en 3535 cm^{-1} para hidrocerusita (Eastaugh et al, 2008)

Silicatos

Ultramar natural ($[\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}]\text{Sn}$), esmalte ($\text{CoO} \cdot n\text{SiO}_2$), Tierra verde ($[(\text{AlIII}, \text{FeIII}) (\text{FeII}, \text{MgII})]$), ocre rojo ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{clay} + \text{silica}$), ocre amarillo ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + \text{clay} + \text{silica}$).

Los pigmentos de silicato comprenden un gran número de compuestos naturales y sintéticos, todos caracterizados por la presencia de unidades tetraédricas de SiO_4 , pero que muestran estructuras muy diferentes, que van desde la fase vítrea del esmaltado hasta la red ordenada de sodalita del lapislázuli. Cualquiera que sea la estructura cristalina, todos los silicatos absorben fuertemente en el rango de 1100–800 con intensos modos de estiramiento antisimétrico Si-O. Aunque el entorno del ion silicato varía de un grupo mineral a otro afectando la forma y la frecuencia de la banda de absorción, una cierta identificación del pigmento a base de sílice, en el infrarrojo, muy a menudo no es factible a la fuerte reflexión de la sílice.

En el caso de los pigmentos de tierra roja y amarillo, el color es producido por óxidos e hidróxidos de Fe (III) cuyas bandas infrarrojas pueden caer fuera del rango alcanzable por el equipo. Generalmente, el estudio infrarrojo permite la identificación de los minerales que contienen cuarzo, arcillas, carbonatos, sulfatos. En ocasiones las impurezas del caolín son claramente evidentes por el modo fundamental de estiramiento Si-O a 1100–1010 cm^{-1} y el estiramiento OH a 3600 cm^{-1} y la banda combinada a 4523 cm^{-1} . En las tonalidades rojas también se pueden encontrar la presencia de cuarzo está subrayada por la combinación de bandas en el rango 2000–1700 cm^{-1} .

Las tierras verdes están compuestas principalmente por micas arcillosas celadonita ($\text{K}[(\text{Al}, \text{Fe}_{3+}), (\text{Fe}_{2+}, \text{Mg})](\text{AlSi}_3, \text{Si}_4)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) y glauconita ($\text{K}, \text{Na}(\text{Fe}_{3+}, \text{Al}, \text{Mg})_2, (\text{Si Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$). A pesar de tener una composición molecular similar, tienen diferentes orígenes minerales, por lo que la posibilidad de distinguirlos en la pintura artística podría proporcionar información útil sobre la procedencia del pigmento. Con respecto a la espectroscopia de reflexión IR, ambos minerales tienen fuertes bandas de absorción de Si-O que se extienden a aproximadamente 1100-900 cm^{-1} . La celadonita se caracteriza por los picos agudos en la región de estiramiento de OH (3600-3530 cm^{-1}) junto con el doblete característico en 4340 y 4353 cm^{-1} se puede utilizar para su identificación y distinción de la glauconita. Este último se caracteriza, de hecho, por una estructura más desordenada, menos pura y se puede encontrar mezclada con otros minerales arcillosos como montmorillonitas, cloritas y caolín según la localidad de origen.

El esmalte es un vidrio de potasio coloreado utilizado como pigmento desde la antigüedad. Es probable que se aprecie la banda fuerte y muy probablemente invertida asignada a un estiramiento asimétrico de Si-O de unos 1080 cm^{-1} en relación con la matriz vítrea. La red de silicato no proporciona más bandas marcadoras del pigmento, por lo que la identificación solo es posible combinando el estudio infrarrojo con otras técnicas espectroscópicas.

El caso de los pigmentos ultramarinos naturales y sintéticos merece una mención especial. Ambos son feldespatoides con la fórmula ideal $\text{Na}_{7.5}[\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}]\text{S}_{4.5}$, donde los iones radicales di y tri-azufre son los cromóforos (amarillo-azul). Azul ultramar natural, extraído del lapislázuli piedra, encontró en Europa su uso más extenso en el siglo XIV y mediados del siglo XV, mientras que la ruta sintética para producir azul ultramar artificial llegaría de las manos de J.B. Guinet en 1830.

A pesar de que los dos pigmentos comparten la misma estructura molecular, se pueden diferenciar debido a señal distintiva que emite una impureza muy específica: como el caolín en el pigmento sintético (3624 y 3700 cm^{-1}) y calcita, un mineral asociado, en el medio natural pigmento (bandas combinadas a 2512 y 1800 cm^{-1}). Además, una característica específica es visible a 2340 cm^{-1} como un fuerte y banda nítida, sólo en el pigmento natural.

7. Conclusiones

Se ha podido comprobar que las fuentes documentales son escasas, pero existen estudios anteriores con técnicas similares aplicadas a otros ámbitos que han servido como punto de partida. Tras el estudio pormenorizado de las fuentes documentales, se concluye que la descripción detallada de las técnicas de obtención de pigmentos y su uso se encuentra especificadas con mayor detalle en los compendios pertenecientes al siglo XX. Estos amplían el conocimiento dando coherencia con explicaciones vinculadas a fenómenos físicos y químicos, de gran utilidad para ser interrelacionados con los datos obtenidos en el presente trabajo.

Como fruto de la realización de las probetas se han generado resultados en cuanto a producción de templado de materiales entre pigmento y oleo resina. También se han realizado las valoraciones en cuanto al campo visual para poder obtener resultados cuantitativos de valores tales como poder cubriente, homogeneidad y visibilidad de la partícula. A causa de su análisis, se ha observado la transparencia de pigmentos con carácter vítreo y la opacidad de los carbonatos. Estos datos se han podido constatar con la microscopía interrelacionándolo con la cristalografía de las partículas. Se evidencia en las veladuras aplicadas sobre el negro de vid, donde el color basal absorbe la luz si esta atraviesa la partícula siendo translúcida.

Ante todo, la microscopía óptica ayuda a determinar el tamaño de la partícula, la disposición y la homogeneidad. La percepción de los pigmentos a simple vista difiere a lo observado bajo microscopía, de apreciar colores se da paso a observar lo imperceptible, las partículas de forma individualizada dan coherencia a la mezcla óptica.

Del mismo modo, el comportamiento de un pigmento no se ciñe tan solo a su naturaleza, sino también a la interacción con los colores subyacentes. Un claro ejemplo de este hecho es la relación del minio con los pigmentos basales, físicamente es repelido con mayor intensidad por los tonos rojos y tierras.

La evidencia presentada a lo largo del trabajo nos lleva a concluir que la técnica multibanda aporta información en cuanto a la respuesta en diferentes rangos del espectro, vislumbrando comportamiento diferenciados en materiales semejantes. Ejemplo de ello es el blanco de plomo y el amarillo de plomo y estaño, tiene una respuesta similar en luz visible, ambas veladuras son de tipo scumbling, pero presentan un comportamiento radicalmente opuesto en UV, el amarillo es absorbente mientras que el blanco es luminiscente. Ayudan a concretar o puntualizar ciertas características del análisis propio del multibanda, la observación microscópica. Estos pigmentos son semejantes con la diferencia de tener pocas partículas amarillas diseminadas por la superficie de tono potente que confiere a la mezcla óptica su característico color.

Tanto la microscopía, como el FTIR, pueden aportar explicaciones particulares a características observadas. Este último, puede determinar si las anomalías que encontramos en el pigmento son propias a su carácter o son fruto de algún tipo de contaminación cruzada, como es el caso de la malaquita, que presenta carácter blanquecino pudiendo ser por tener compuestos de vetas cercanas.

Se ha realizado el estudio con la premisa de conocer cuáles son los pigmentos que estamos analizando, pudiendo asociar los caracteres observados a un nombre concreto, pero en un caso real se tomarían los resultados para poder concretar el nombre del pigmento empleado. En consecuencia, el compendio recogido a lo largo del trabajo posibilita comparar los resultados obtenidos con un caso real y cotejar las características para poder determinar el pigmento.

Se debe contemplar la empresa suministradora y número de referencia, para tener en consideración las variaciones que puedan encontrarse en los mismos materiales en el mercado.

Las probetas se han realizado con materiales de calidad, estas quedan en depósito de la Universitat Politècnica de València para futuros estudios.

El estudio de pigmentos inorgánicos con técnicas multiband se considera no concluyente, sin embargo, combinada con la observación microscópica y el análisis por espectroscopia por transformada de Fourier se confiere un carácter más completo y novedoso.

8. Bibliografía

- ARROYO, E., ESPINOSA, M., FALCÓN, T., & HERNÁNDEZ, E., 2012. *Variaciones celestes para pintar el manto de la Virgen*. *Anales Del Instituto De Investigaciones Estéticas*, 34(100), 85-117. Disponible en: <https://doi.org/10.22201/iee.18703062e.2012.100.2328>_(Consulta: 15/03/2022).
- BAADE B. 2010, The use of dry pigments in inpainting, in *Painting Conservation Catalog*, vol. 3, *Inpainting*, ed. American Institute for Conservation Paintings Specialty Group, AIC, Washington, DC. Disponible en: https://www.academia.edu/20317237/The_Use_of_Dry_Pigments_in_Inpainting (Consulta:25/04/2022).
- BACCI, M., 2019, Hits on the luminescence phenomena theory/ Aspectos clave en la teoría de los fenómenos luminiscentes. UV-Vis Luminescence Imaging techniques. *Técnicas de imagen de luminiscencia UV-Vis. Conservation 360*. Editorial Universitat Politècnica de València.
- BALL, P., 2012. *La invención del Color*. Turner Publicaciones.
- BERRIE, B.H., 2007. *Artists' pigments: a Handbook of their History and Characteristics Vol. 4*. Washington: National Gallery of Art.
- BOMFORD, D., DUNKERTON, J., GORDON, D. y ROY, A., 1995. *La pintura italiana hasta el 1400. Materiales, métodos y procedimientos del arte*. Ediciones del Serbal.
- BOULARAND, S.; VENTOLÀ, L., 2010 «Aspectes tècnics de les pintures murals medievals. Diversos exemples de pintures romàniques a Catalunya», en Giráldez, P. Vendrell, M. (coord.), *Romànic de muntanya: materials, tècniques i colors*, Calella, Edicions El Clavell.
- BRANDI, C., 1995. *Teoría de la restauración*. S.l.: Alianza Editorial.
- CENNINI, C., 1988. *El Libro del Arte*. Madrid: Ediciones Akal.
- COSENTINO, A., 2014. Identification of pigments by multispectral imaging; a flowchart method. *Heritage Science*, vol. 2, no. 1, pp. 8. ISSN 2050-7445. DOI 10.1186/2050-7445-2-8. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/2050-7445-2-8>_(Consulta: 14/ 02/ 2022).
- COCCATO, A., MOENS, L., & VANDENABEELE, P., 2017. On the stability of mediaeval inorganic pigments: a literature review of the effect of climate, material selection, biological activity, analysis and conservation treatments. *Heritage Science*, 5(1), 1-25.
- DOERNER, M., 2001. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. S.l.: Reverte. ISBN 978-84-291-1423-2.
- EASTAUGH, N., WALSH, V., CHAPLIN, T. y SIDDALL, R., 2008. *Pigment Compendium. A dictionary and Optical Microscopy of Historical Pigments*. S.l.: Elsevier, Butterworth-Heinemann.
- FELLER, R., 1986. *Artists' Pigments. A handbook of their history and characteristics. Volumen 1*. London: Archetype Publications.

- GETTENS, R.J. STOUT, G., 1966 *Painting materials*. A shot encyclopaedia Dover Publications Inc. New York.
- GOLLINI, G., 2020. *Potenzialità della tecnica di imaging iperspettrale per lo studio di pitture a olio in presenza di velature*, Tesi Magistrale. Università di Firenze/IFAC-CNR.
- GÓMEZ, M.C., 2021. *Instrumentación portátil en el estudio del patrimonio histórico-artístico*, Unersidad de Jaen facultad de ciencias Experimentales Disponible en: [https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/14574/1/TFGQ_Gomez%20Lopez%2C%20Maria%20del%20Carmen.pdf_\(Consulta: 14/ 02/2022\)](https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/14574/1/TFGQ_Gomez%20Lopez%2C%20Maria%20del%20Carmen.pdf_(Consulta: 14/ 02/2022)).
- HARLEY, R.D., 1982. *Artists' Pigments c. 1600-1835*. Technical studies in the arts, archaeology and architecture. Butterworths Scientific. Institute of advanced architectural studies, University of York.
- HERNÁNDEZ, F. y PLINIO SEGUNDO, C., 1998. *Historia natural de Cayo Plinio Segundo. Volumen II*. Madrid: Visor Libros. ISBN 8475228402.
- HERRERO-CORTELL, M.A., RAICH, M., ARTONI, P. y PUIG, I., 2018. Multi-band technical imaging in the research of the execution of paintings. The case study of the portrait of Carlos IV, by Francisco de Goya. *Ge-conservacion*, vol. 14. ISSN 1989-8568. DOI 10.37558/gec.v14i1.583. Disponible en: [https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6777327_\(Consulta:20/02/ 2022\)](https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6777327_(Consulta:20/02/ 2022))
- HERRERO-CORTELL, M.A., 2019. *Materiales, soportes y procedimientos utilizados en los pbradores pictóricos de la Corona de Aragón (siglos XV y XVI). Una aproximación a través del paradigma valenciano*. Tesis Doctoral. Lleida: Universitat de Lleida.
- HERRERO-CORTELL et al., 2020. "'Della mutazione de' colori trasparenti': per una rinnovata percezione delle velature dei pigmenti e dei coloranti storici", in: *Colore e Colorimetria. Contributi Multidisciplinari*. Vol. XVII, pp. 125-132.
- HERRERO-CORTELL et al., 2021. "The Changes of Transparent Colours in Being Laid upon Others': Considerations for a New Perception of Glazes with Historical Pigments and Dyes", *Color Culture and Science Journal* Vol. 13 (2), pp.64-71
- HERRERO-CORTELL, M. A.; RAÏCH, M.; ARTONI P.; MADRID, J. A., 2022. "Caracterización de pigmentos históricos a través de técnicas de imagen, en diversas bandas del espectro electromagnético." *Ge-Conservación* (EN PRENSA)
- KLEIN, C., HURLBUT, C., 2003. *Manual de mineralogía Volumen 2*. Barcelona. Editorial reverté, S.A. Disponible en: https://books.google.es/books?id=ol2xn_6jgn0C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summy_r&cad=0#v=onepage&q&f=false (Consulta: 12/04/ 2022)
- LAURIE A.P., 1926. *The Painter's Methods & Materials*. Londres: Seeley, Service & Co. Limited.
- LÓPEZ, O., SÁNCHEZ-NAVAS, A,VELILLA, N. (2018) *Mineralogía de pigmentos históricos. Técnicas de estudio de materiales pictóricos inorgánicos*. En *Enseñanza de las ciencias de la tierra*. Disponible en: <https://raco.cat/index.php/ECT/article/view/343191/434337> (Consulta: 12 /04 / 2022)
- MAIDANA, F., 2017. *Espectroscopía del infrarrojo* Disponible en: <https://docplayer.es/22616508-Capitulo-ii-espectroscopia-del-infrarrojo.html> (Consulta: 12/ 02/ 2022)
- MAYER, R., 2005. *Materiales y técnicas del arte*. S.l.: Ediciones AKAL. ISBN 978-84-87756-17-7.

- METTLER TOLEDO, s.f. *Espectroscopía FTIR* Disponible en: https://www.mt.com/es/es/home/products/L1_AutochemProducts/ReactIR/ftir-spectroscopy.html (Consulta: 12/ 02/ 2022)
- MILIANI, C., DAVERI, A., BRUNETTI, B. G., & SGAMELLOTTI, A., 2008. CO2 entrapment in natural ultramarine blue. *Chemical Physics Letters*, 466(4-6), 148-151.
- MILIANI, C., ROSI, F., DAVERI, A., & BRUNETTI, B. G., 2012. Reflection infrared spectroscopy for the non-invasive in situ study of artists' pigments. *Applied Physics A*, 106(2), 295-307.
- ODIN & DELAMARE, 2002. Couleur, natura et origine des pigments verts employés en peinture murale gallo-romaine *Pigments & colorants. de l'antiquité et du moyen age* Disponible en: <https://books.openedition.org/editionscnrs/8134?lang=es#authors> (Consulta: 10/ 04/ 2022).
- PALET, A., 2002. *Tratado de pintura: color, pigmentos y ensayo*. Universitat de Barcelona. ISBN 84-8338-313-6
- PALET i CASAS, A. (1997). *Identificación química de pigmentos artísticos* (Vol. 87). Edicions Universitat Barcelona.
- PICOLLO, M., STOLS-WITLOX, M., FUSTER-LÓPEZ, L., 2019, Introduction to the volumen/ introducción al volumen, *UV-Vis Luminescence Imaging techniques/ Técnicas de imagen de luminiscencia UV-Vis. Conservation 360*. Editorial Universitat Politècnica de València.
- PRICE, M., 2017. *Renaissance Mysteries. Volume 1: Natural color*. New York.
- ROY, A., 1993. *Artists' Pigments. A handbook of their history and characteristics. Volumen 2*. London: Archetype Publications.
- RUBIO, A. 2015. *La Pintura Mural Gòtica Lineal a Territori Valencià. Statu Quo del corpus conegut. Estudi i Anàlisi per a la Seu Conservació* [Tesis doctoral no publicada]. Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/59466>
- RUBIO, A. Y ZALBIDEA, M.A., 2019. *La pintura mural gòtica en territori valencià, Benicarló*: Onada Edicions, ISBN: 978-84-16505-76-0
- SENNELIER, s.f. *Pure pigments & other artists' materials*, Réf: X24001.02 Disponible en: https://www.dick-blick.com/pdfs/02993Pigment_colour_chart.pdf (Consulta: 10/ 11/ 2021).
- STEFAN, C.Z., 2022. *Historical siccatives for oil paint and varnishes. The use of lead oxide, alum, white vitriol, pumice, bone ash and venetian glass as driers: Historical written sources - production and raw material quality - technological significance*. HDWPublications, Bern. Research for conservators.
- TICOZZI, S. 1818. *Dizionario dei pittori dal rinnovamento delle belle arti fino*. Milano: Ferrario.
- VITRUVIO POLIÓ, M. y ORTIZ Y SANZ, J., 1787. *Los diez libros de arquitectura de M. Vitruvio Polion*. En Madrid: Imprenta Real.
- WEBB, E. K., 2019. UV- Induced visible luminescence for conservation documentation/ luminiscencia visible inducida por UV para la documentació en conservació. *UV-Vis*

Luminescence Imaging techniques/ Técnicas de imagen de luminiscencia UV-Vis. Conservation 360. Editorial Universitat Politècnica de València.

- WEST, E., 1997. *Artists' Pigments. A handbook of their history and characteristics. Volumen 3.* London: Archetype Publications.
- ZALBIDEA MUÑOZ, M.A., 2014. *Els vernissos artístics, revisió y evolució.* Valencia: Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/66792>
- ZELAZOWSKI, J., 2020. *Estudio y reproducción de las recetas de los barnices descritos en el tratado de Teófilo.* S.l.: Universitat Politècnica de València.

9. Índice imágenes

Figura 3. Cola de conejo y preparación al baño maría.	16
Figura 4. Consecución de la aplicación de grisalla pigmento basal tierra verde.	16
Figura 3. Pigmento blando de plomo.	17
Figura 4. Blanco de plomo aglutinado “pan”.	17
Figura 5. Textura y consistencia blanco de plomo.	17
Figura 6. Pigmento ocre.	17
Figura 7. Descohesión partículas de pigmento y aceite de linaza.	17
Figura 8. Grisalla ocre.	17
Figura 9. Pigmento siena natural	18
Figura 10. Grisalla siena natural.	18
Figura 11. Pigmento sombra natural.	18
Figura 12. Grisalla sombra natural.	18
Figura 13. Pigmento sombra tostada.	19
Figura 14. Grisalla tierra sombra tostada.	19
Figura 15. Pigmento rojo férrico.	19
Figura 16. Grisalla rojo férrico.	19
Figura 17. Pigmento bermellón.	20
Figura 18. Grisalla bermellón.	20
Figura 19. Pigmento negro de vid.	20
Figura 20. Grisalla negro de vid.	20
Figura 21. Pigmento tierra verde.	21
Figura 22. Grisalla tierra verde.	2116
Figura 23. Pigmento azurita.	21
Figura 24. Grisalla azurita.	21
Figura 25. Representación gráfica sucesión de estratos de veladura.	22
Figura 26. Veladuras blanco de plomo.	22
Figura 27. Veladuras amarillo de plomo y estaño.	23
Figura 28. Veladuras ocre.	23

Figura 29. Anomalía en la aplicación.	24
Figura 30. Veladuras minio.	24
Figura 31. Veladuras blue bice.	24
Figura 32. Veladura azurita.	25
Figura 33. Veladura ultramar natural.	25
Figura 34. Veladura esmalte.	26
Figura 35. Diferencia tonal de dos aplicaciones con una semana de diferencia.	2616
Figura 36. Veladura acetato de cobre.	26
Figura 37. Veladura acetato de cobre con reseda.	27
Figura 38. Veladura malaquita.	27
Figura 39. Pigmento crisocola.	28
Figura 40. Grisalla crisocola.	28
Figura 41 Veladura celadonia.	28
Figura 42. Veladura ocre habana.	29
Figura 43. Veladura pardo van Dyck.	29
Figura 44. Veladura vivianita.	30
Figura 45. Microscopía veladura nivel 3 blanco de plomo sobre azurita grisalla 2.	33
Figura 46. Microscopia veladura minio sobre azurita (200x).	34
Figura 47. Microscopía veladura minio sobre blanco de plomo (200x).	34
Figura 48 Microscopia veladura minio sobre azurita (200x).	35
Figura 49. Microscopia veladura malaquita nivel 3 sobre sombra tostada, grisalla 2 (200x).	36
Figura 50. Microscopia veladura crisocola nivel 3 sobre negro de vid (200x).	36
Figura 51. Representación gráfica de la sucesión de fotografías con diferentes longitudes de onda.	38
Figura 52. Fotografía multiband, de izquierda a derecha, y de arriba abajo, visible, UVL, IR, IRFC, de pigmentos basales	39
Figura 53. Fotografía multiband, de izquierda a derecha, y de arriba abajo, visible, UVL, IR, IRFC, de blanco de plomo.	40
Figura 54. Fotografía multiband, de izquierda a derecha, y de arriba abajo, visible, UVL, IR, IRFC, de amarillo de plomo y estaño.	41
Figura 55. Fotografía multiband, de izquierda a derecha, y de arriba abajo, visible, UVL, IR, IRFC, de ocre.	42

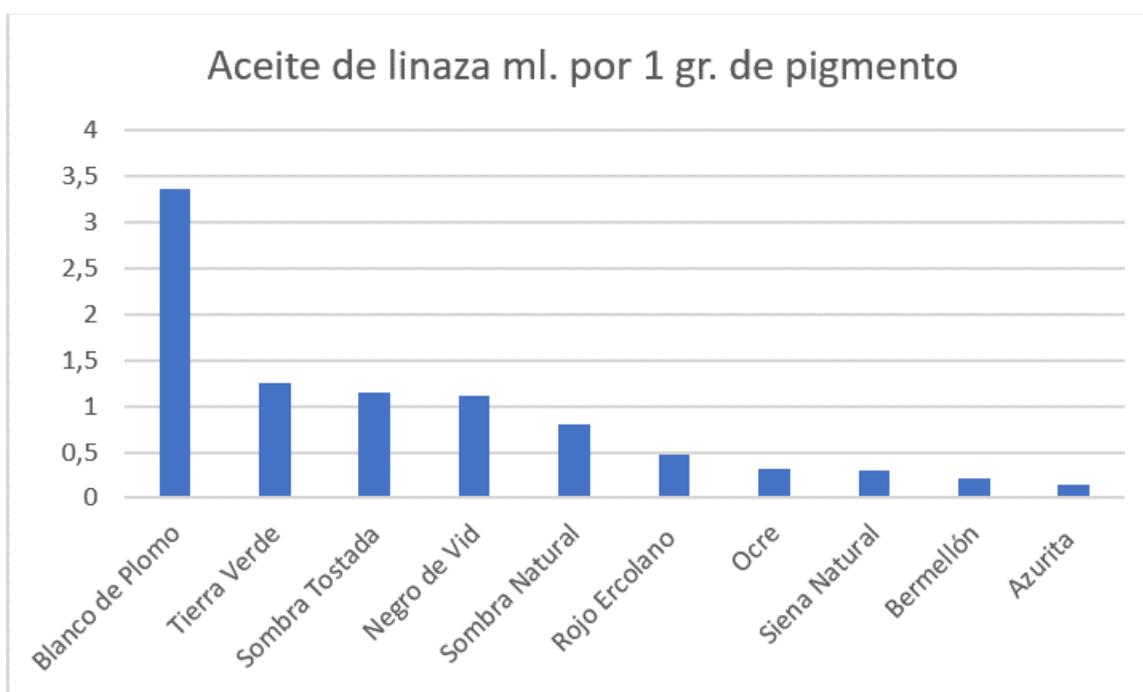
10. Índice tablas

Tabla 4. Pigmentos empleados para tonos basales.	9
Tabla 5. Pigmentos empleados para veladuras	12
Tabla 6. Valores apreciados blanco de plomo. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.....	17
Tabla 4. Valores apreciados ocre. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.	17
Tabla 5. Valores apreciados siena natural. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.....	18
Tabla 6. Valores apreciados sombra natural. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.	18
Tabla 7. Valores apreciados tierra sombra tostada. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.....	19
Tabla 8. Valores apreciados rojo férrico. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.	19
Tabla 9. Valores apreciados bermellón. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.....	20
Tabla 10. Valores apreciados negro de vid. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.	20
Tabla 11. Valores apreciados tierra verde. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.....	21
Tabla 12. Valores apreciados tierra verde. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.....	21
Tabla 13. Características de la veladura con blanco de plomo. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.....	22
Tabla 14. Características de la veladura con amarillo de plomo y estaño Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.	23
Tabla 15. Características de la veladura con ocre. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.	23
Tabla 16. Características de la veladura con minio. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.....	24
Tabla 17. Características de la veladura con blue bice. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.....	24
Tabla 18. Características de la veladura con azurita. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.	25
Tabla 19. Características de la veladura con ultramar natural. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.....	25
Tabla 20. Características de la veladura con esmalte. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.....	26
Tabla 21. Características de la veladura con acetato de cobre. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.	26
Tabla 22. Características de la veladura con acetato de cobre con reseda. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.	27
Tabla 23. Características de la veladura con malaquita. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.	27
Tabla 24. Características de la veladura con crisocola. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.....	28
Tabla 25. Características de la veladura con celadonita. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.....	28
Tabla 26. Características de la veladura con ocre habana. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.	29

Tabla 27. Características de la veladura con pardo van Dyck. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.....	29
Tabla 28. Características de la veladura con vivianita. Alto ●●●/ medio●●/ bajo o nulo●.	30
Tabla 29. Tamaño de pigmento según tamaño de partícula.....	31

Anexo I. Relación de pigmento y aceite aglutinado.

Pigmentos Basales		
Color	Proporción de aceite de linaza	
	Pigmento	Aceite
Blanco de Plomo	1 gr.	3,37 ml.
Negro de Vid	1 gr.	1,12 ml.
Ocre	1 gr.	0,32 ml.
Siena Natural	1 gr.	0,30 ml.
Sombra Natural	1 gr.	0,81 ml.
Sombra Tostada	1 gr.	1,15 ml.
Tierra Verde	1 gr.	1,25 ml.
Rojo Ercolano	1 gr.	0,47 ml.
Bermellón	1 gr.	0,21 ml.
Azurita	1 gr.	0,14 ml.



Anexo II. Correlación proporción y degradado de grisallas en pigmentos basales

Proporciones y pigmentos										
Negro de Vid	Pigmento puro		Primer tono		Segundo tono		Tercer tono		Cuarto tono	
Gama degradación										
Proporción en gramos	Negro de Vid	Blanco de Plomo	Negro de Vid	Blanco de Plomo	Negro de Vid	Blanco de Plomo	Negro de Vid	Blanco de Plomo	Negro de Vid	Blanco de Plomo
	1	0	1	2	1	5	1	18	1	28
	100%		33,33%		16,67%		5,26%		3,45%	

Proporciones y pigmentos										
Ocre	Pigmento puro		Primer tono		Segundo tono		Tercer tono		Cuarto tono	
Gama degradación										
Proporción en gramos	Ocre	Blanco de Plomo	Ocre	Blanco de Plomo	Ocre	Blanco de Plomo	Ocre	Blanco de Plomo	Ocre	Blanco de Plomo
	1	0	1	0,27	1	1	1	1,41	1	5
	100%		78,74%		50%		41,49%		16,67%	

Proporciones y pigmentos										
Siena Natural	Pigmento puro		Primer tono		Segundo tono		Tercer tono		Cuarto tono	
Gama degradación										
Proporción en gramos	Siena Natural	Blanco de Plomo								
	1	0	1	0,5	1	2	1	5	1	11
	100%		66,67		33,33%		16,67%		8,33%	

Proporciones y pigmentos										
Sombra Natural	Pigmento puro		Primer tono		Segundo tono		Tercer tono		Cuarto tono	
Gama degradación										
Proporción en gramos	Sombra Natural	Blanco de Plomo								
	1	0	1	0,66	1	3	1	8,33	1	22
	100%		60,24%		25%		10,72%		4,35%	

Proporciones y pigmentos										
Sombra Tostada	Pigmento puro		Primer tono		Segundo tono		Tercer tono		Cuarto tono	
Gama degradación										
Proporción en gramos	Sombra Tostada	Blanco de Plomo								
	1	0	1	0,5	1	3,33	1	11	1	22
	100%		66,67%		23,09%		8,33%		4,35%	

Proporciones y pigmentos										
Tierra verde	Pigmento puro		Primer tono		Segundo tono		Tercer tono		Cuarto tono	
Gama degradación										
Proporción en gramos	Tierra Verde	Blanco de Plomo	Tierra Verde	Blanco de Plomo	Tierra Verde	Blanco de Plomo	Tierra Verde	Blanco de Plomo	Tierra Verde	Blanco de Plomo
	1	0	1	0,4	1	1	1	2	1	5
	100%		71,43%		50%		33,33%		16,67%	

Proporciones y pigmentos										
Rojo Ercolano	Pigmento puro		Primer tono		Segundo tono		Tercer tono		Cuarto tono	
Gama degradación										
Proporción en gramos	Rojo Ercolano	Blanco de Plomo								
	1	0	1	1,33	1	4	1	10	1	25
	100%		42,92%		20%		9,09%		3,85%	

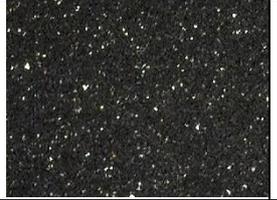
Proporciones y pigmentos										
Bermellón	Pigmento puro		Primer tono		Segundo tono		Tercer tono		Cuarto tono	
Gama degradación										
Proporción en gramos	Bermellón	Blanco de Plomo	Bermellón	Blanco de Plomo	Bermellón	Blanco de Plomo	Bermellón	Blanco de Plomo	Bermellón	Blanco de Plomo
	1	0	1	1,5	1	3	1	8,51	1	20
	100%		40%		25%		10,52%		4,76%	

Proporciones y pigmentos										
Azurita	Pigmento puro		Primer tono		Segundo tono		Tercer tono		Cuarto tono	
Gama degradación										
Proporción en gramos	Azurita	Blanco de Plomo	Azurita	Blanco de Plomo	Azurita	Blanco de Plomo	Azurita	Blanco de Plomo	Azurita	Blanco de Plomo
	1	0	1	0,33	1	1	1	2	1	24
	100%		75,19%		50%		33,33%		4%	

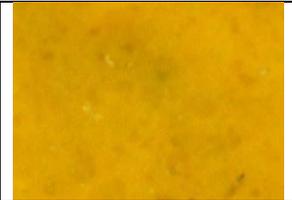
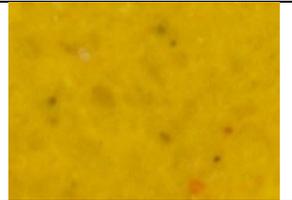
Anexo III. Microscopía Pigmentos Basales

Blanco de plomo

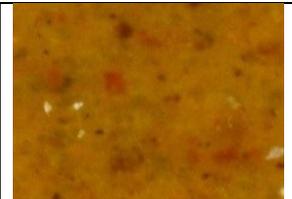
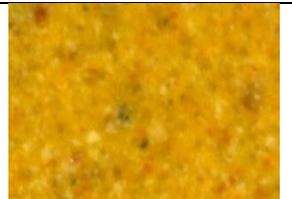
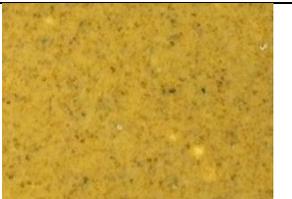
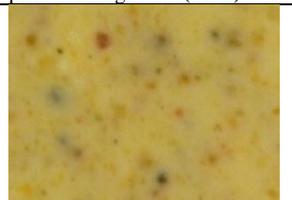
Negro de Vid

			
Pigmento basal blanco de plomo puro (50x)	Pigmento basal blanco de plomo puro (200x)	Pigmento basal negro de vid puro (50x)	Pigmento basal negro de vid puro (200x)

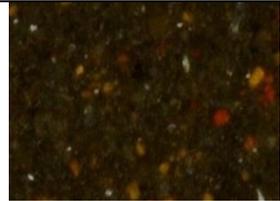
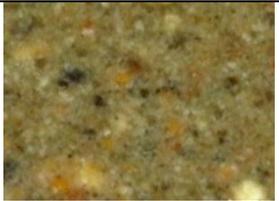
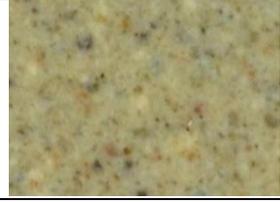
Ocre

		
Pigmento basal ocre puro (200x)	Pigmento basal ocre primer tono grisalla (200x)	Pigmento basal ocre segundo tono grisalla (50x)
		
Pigmento basal ocre segundo tono grisalla (200x)	Pigmento basal ocre tercer tono grisalla (200x)	Pigmento basal ocre cuarto tono grisalla (200x)

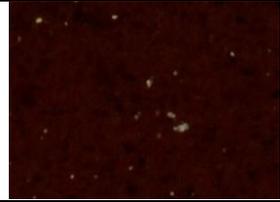
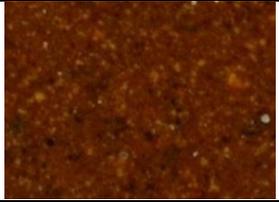
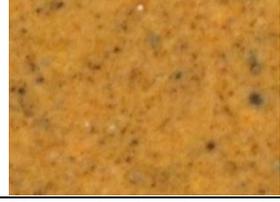
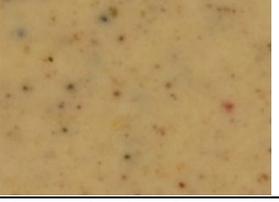
Siena natural

		
Pigmento basal siena natural puro (200x)	Pigmento basal siena natural primer tono grisalla (200x)	Pigmento basal siena natural segundo tono grisalla (50x)
		
Pigmento basal siena natural segundo tono grisalla (200x)	Pigmento basal siena natural tercer tono grisalla (200x)	Pigmento basal siena natural cuarto tono grisalla (200x)

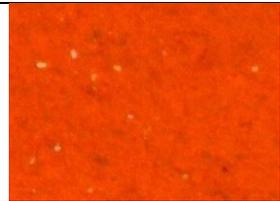
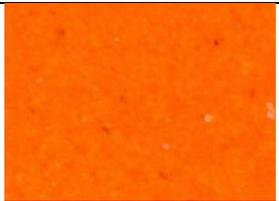
Sombra natural

		
Pigmento basal sombra natural puro (200x)	Pigmento basal sombra natural primer tono grisalla (200x)	Pigmento basal sombra natural segundo tono grisalla (50x)
		
Pigmento basal sombra natural segundo tono grisalla (200x)	Pigmento basal sombra natural tercer tono grisalla (200x)	Pigmento basal sombra natural cuarto tono grisalla (200x)

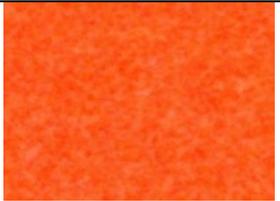
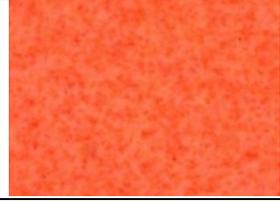
Sombra tostada

		
Pigmento basal sombra tostada puro (200x)	Pigmento basal sombra tostada primer tono grisalla (200x)	Pigmento basal sombra tostada segundo tono grisalla (50x)
		
Pigmento basal sombra tostada segundo tono grisalla (200x)	Pigmento basal sombra tostada tercer tono grisalla (200x)	Pigmento basal sombra tostada cuarto tono grisalla (200x)

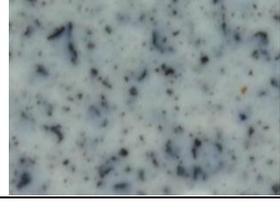
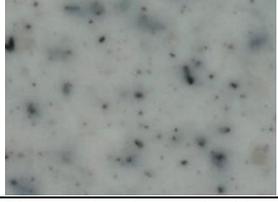
Rojo Herculano

		
Pigmento basal rojo herculano puro (200x)	Pigmento basal rojo herculano primer tono grisalla (200x)	Pigmento basal rojo herculano segundo tono grisalla (50x)
		
Pigmento basal rojo herculano segundo tono grisalla (200x)	Pigmento basal rojo herculano tercer tono grisalla (200x)	Pigmento basal rojo herculano cuarto tono grisalla (200x)

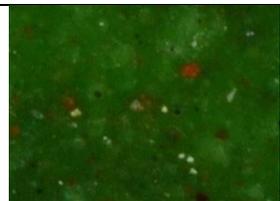
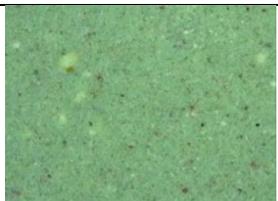
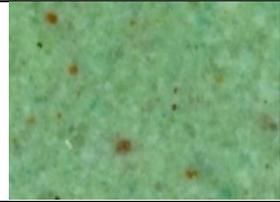
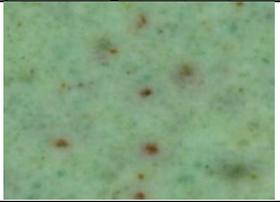
Rojo bermellón

		
Pigmento basal rojo bermellón puro (200x)	Pigmento basal rojo bermellón primer tono grisalla (200x)	Pigmento basal rojo bermellón segundo tono grisalla (50x)
		
Pigmento basal rojo bermellón segundo tono grisalla (200x)	Pigmento basal rojo bermellón tercer tono grisalla (200x)	Pigmento basal rojo bermellón cuarto tono grisalla (200x)

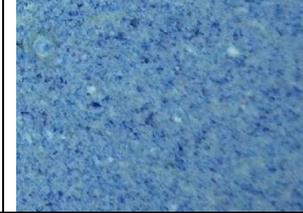
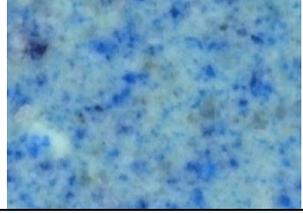
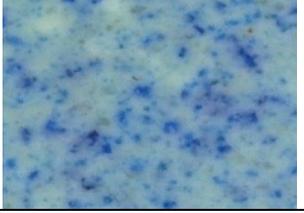
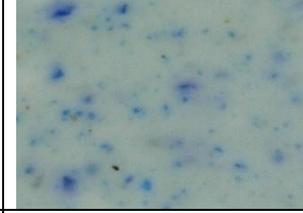
Grisalla negro de vid

		
Pigmento basal negro de vid primer tono grisalla (200x)	Pigmento basal negro de vid segundo tono grisalla (200x)	Pigmento basal negro de vid tercer tono grisalla (50x)
		
Pigmento basal negro de vid tercer tono grisalla (200x)	Pigmento basal negro de vid cuarto tono grisalla (200x)	Pigmento basal negro de vid quinto tono grisalla (200x)

Tierra verde

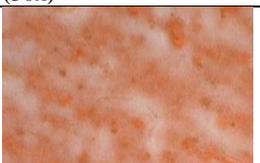
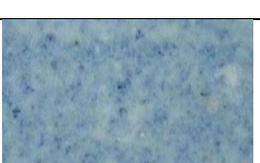
		
Pigmento basal tierra verde puro (200x)	Pigmento basal tierra verde primer tono grisalla (200x)	Pigmento basal tierra verde segundo tono grisalla (50x)
		
Pigmento basal tierra verde segundo tono grisalla (200x)	Pigmento basal tierra verde tercer tono grisalla (200x)	Pigmento basal rojo bermellón cuarto tono grisalla (200x)

Azurita

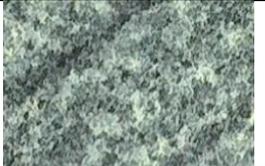
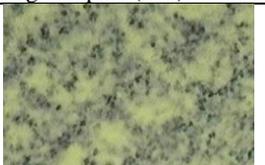
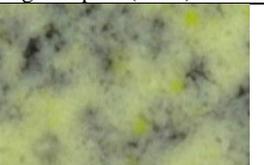
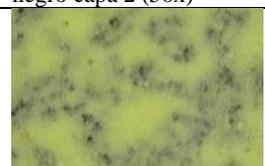
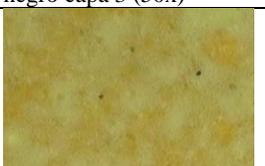
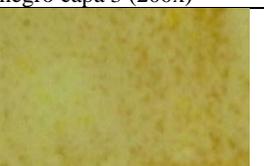
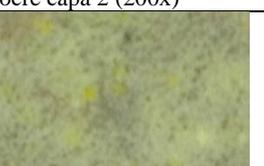
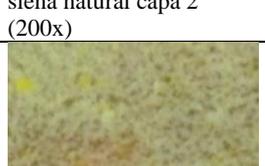
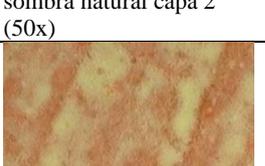
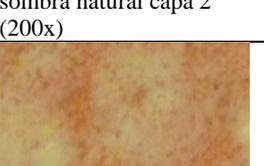
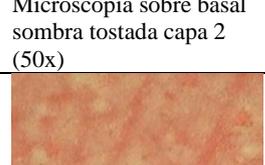
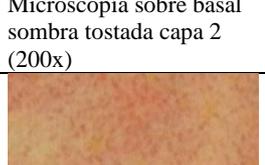
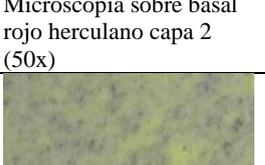
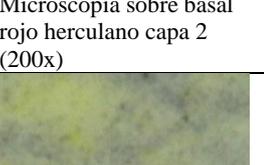
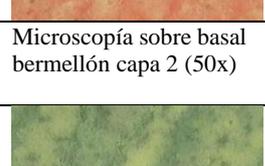
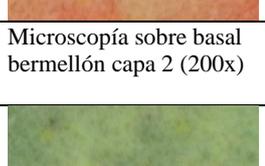
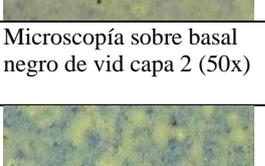
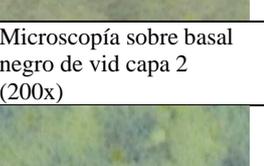
		
Pigmento basal azurita puro (200x)	Pigmento basal azurita primer tono grisalla (200x)	Pigmento basal azurita segundo tono grisalla (50x)
		
Pigmento basal azurita segundo tono grisalla (200x)	Pigmento basal azurita tercer tono grisalla (200x)	Pigmento basal azurita cuarto tono grisalla (200x)

Veladuras

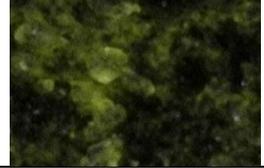
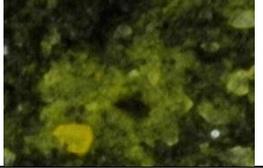
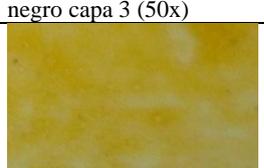
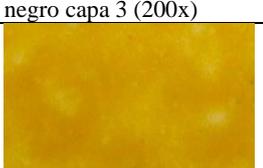
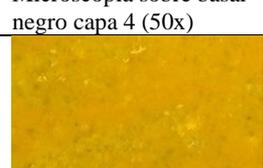
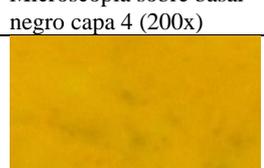
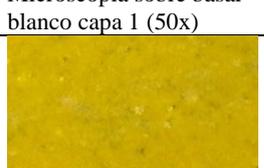
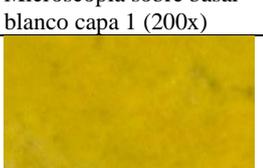
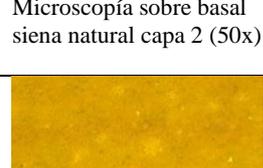
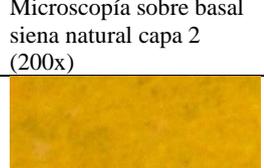
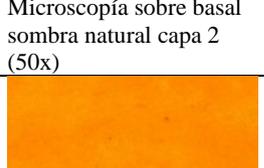
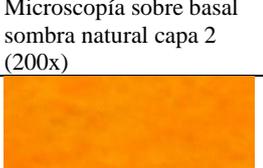
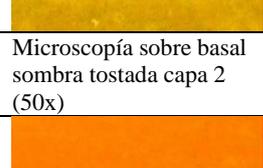
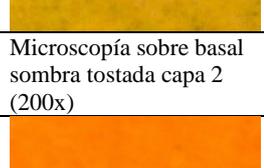
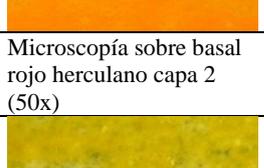
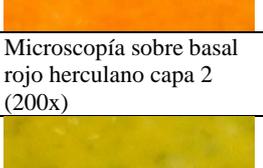
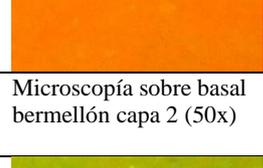
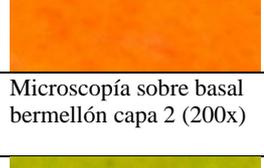
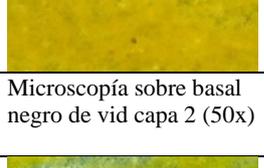
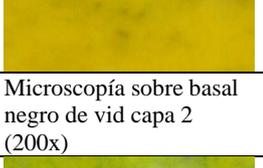
Blanco de plomo

			
Microscopía sobre basal negro capa 1-1 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 1-1 (200x)	Microscopía sobre basal negro capa 1 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 1 (200x)
			
Microscopía sobre basal negro capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal negro capa 3 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 3 (200x)
			
Microscopía sobre basal negro capa 4 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 4 (200x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal sienna natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sienna natural capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (200x)

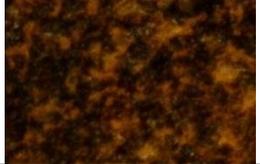
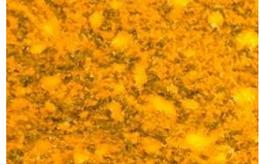
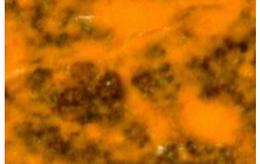
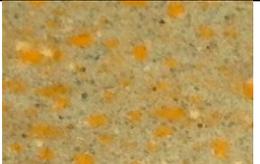
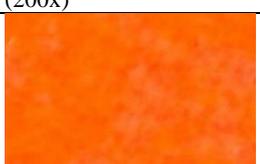
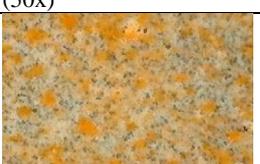
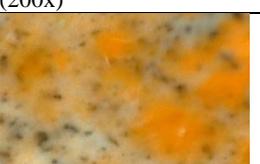
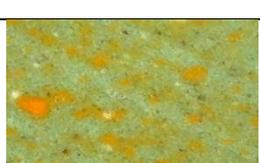
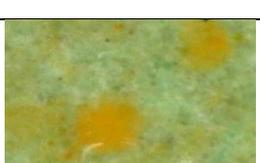
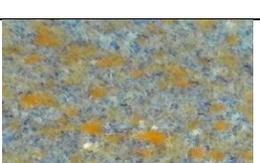
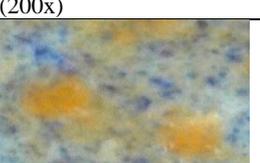
Amarillo de plomo y estaño

			
Microscopía sobre basal negro capa 1-1 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 1-1 (200x)	Microscopía sobre basal negro capa 1 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 1 (200x)
			
Microscopía sobre basal negro capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal negro capa 3 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 3 (200x)
			
Microscopía sobre basal negro capa 4 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 4 (200x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (200x)

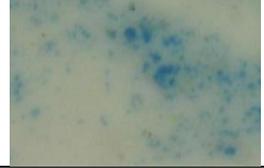
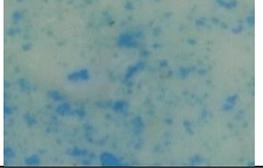
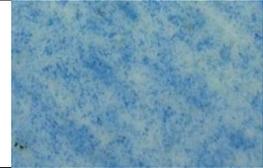
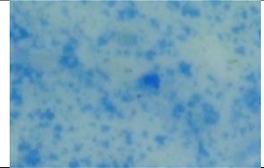
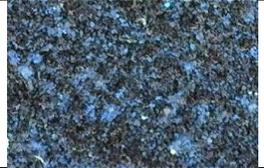
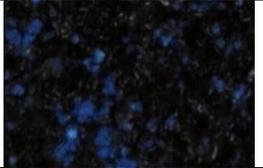
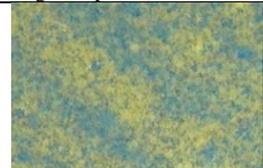
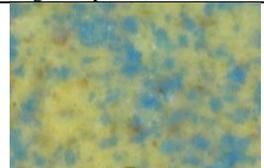
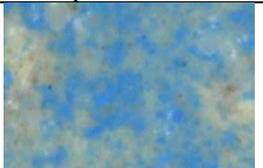
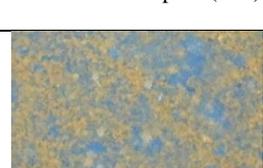
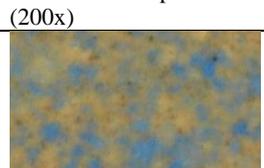
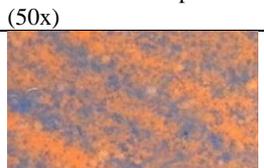
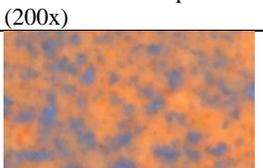
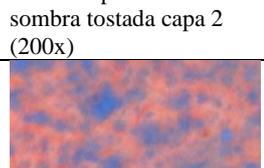
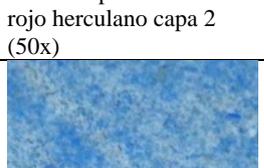
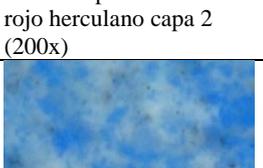
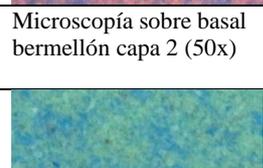
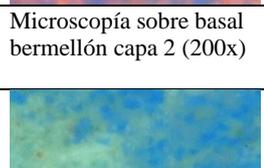
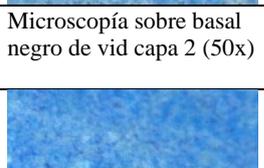
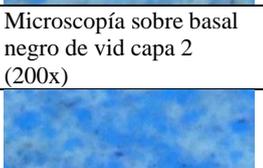
Ocre

			
Microscopía sobre basal negro capa 1-1 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 1-1 (200x)	Microscopía sobre basal negro capa 1 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 1 (200x)
			
Microscopía sobre basal negro capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal negro capa 3 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 3 (200x)
			
Microscopía sobre basal negro capa 4 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 4 (200x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1 (200x)
			
Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (200x)

Minio

			
Microscopía sobre basal negro capa 1 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1-1 (200x)	Microscopía sobre basal negro capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1 (200x)
			
Microscopía sobre basal negro capa 4 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 4 (200x)	Microscopía sobre basal blanco capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal blanco capa 3 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 3 (200x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (200x)

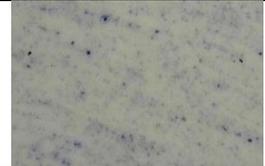
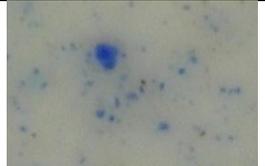
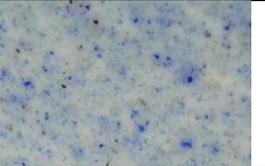
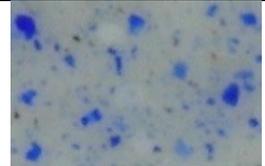
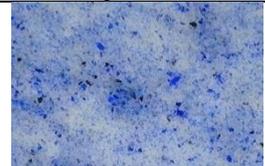
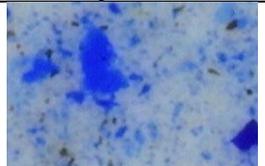
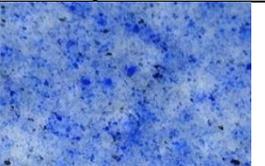
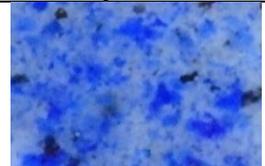
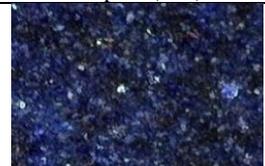
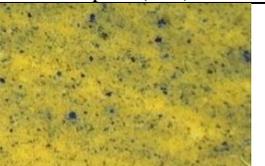
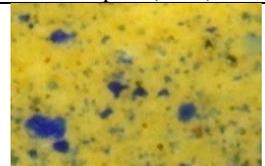
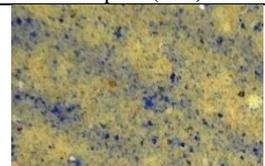
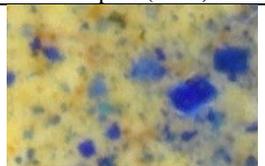
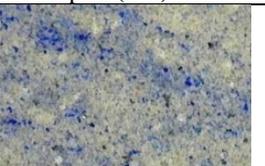
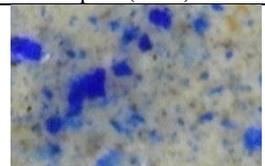
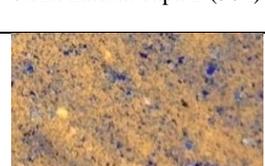
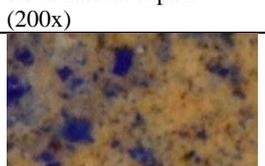
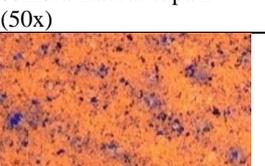
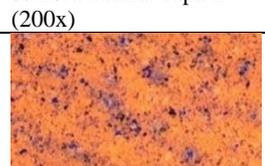
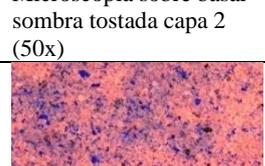
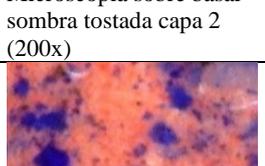
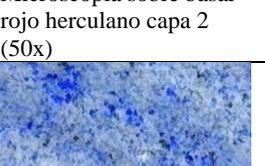
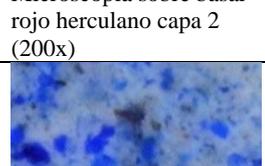
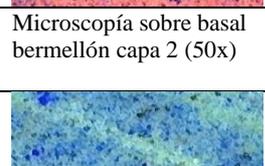
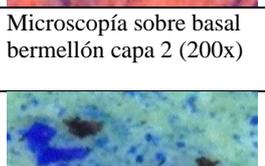
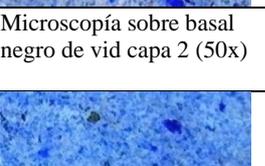
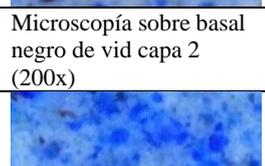
Blue bice

			
Microscopía sobre basal blanco capa 1-1 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1-1 (200x)	Microscopía sobre basal blanco capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal blanco capa 3 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 3 (200x)	Microscopía sobre basal negro capa 1 -1 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 1 -1 (200x)
			
Microscopía sobre basal negro capa 3 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 3 (200x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (200x)

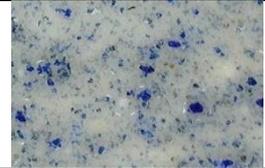
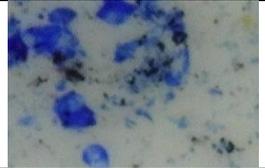
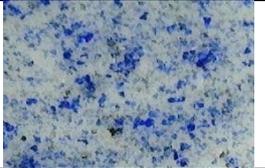
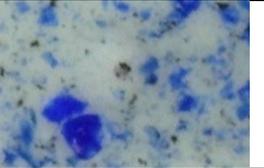
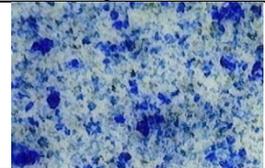
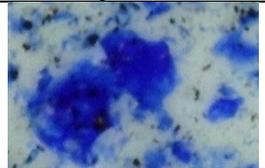
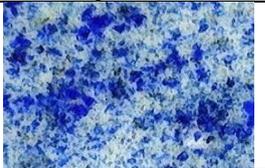
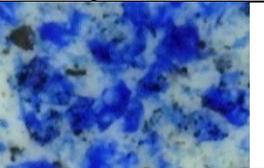
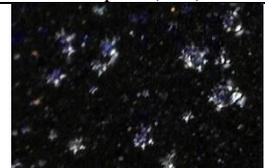
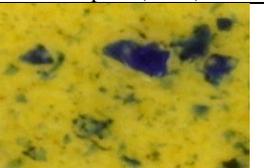
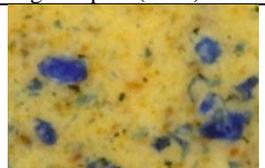
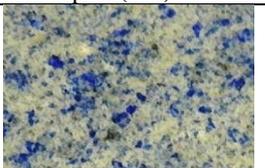
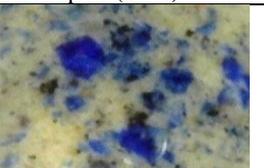
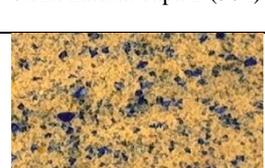
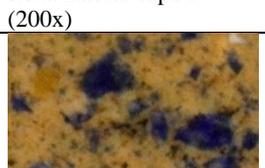
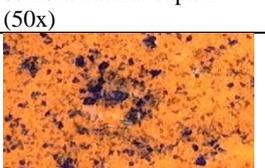
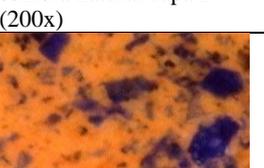
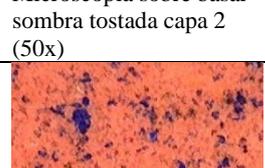
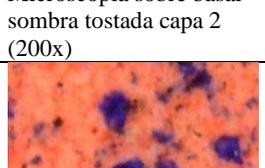
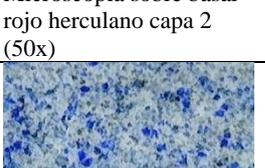
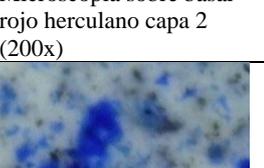
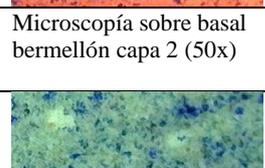
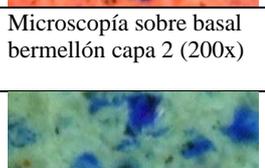
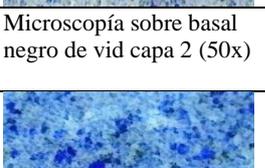
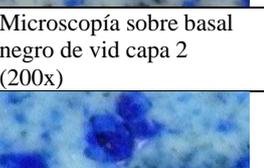
Azurita

Microscopía sobre basal blanco capa 1 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1 (200x)	Microscopía sobre basal negro capa 1 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 1 (200x)
Microscopía sobre basal blanco capa 3 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 3 (200x)	Microscopía sobre basal negro capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 2 (200x)
Microscopía sobre basal negro capa 3 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 3 (200x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (200x)
Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (200x)
Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (200x)
Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (200x)
Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (200x)

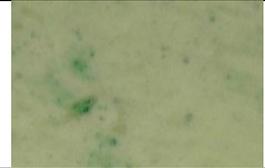
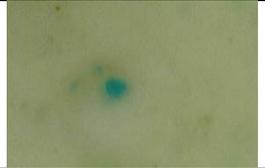
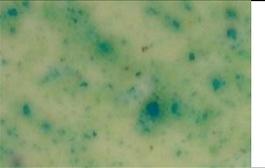
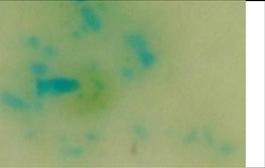
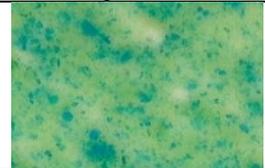
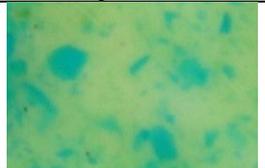
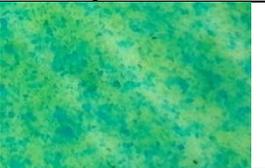
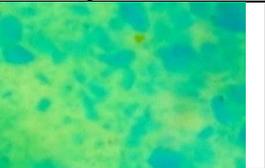
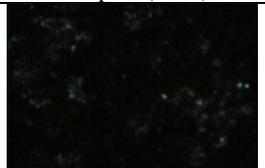
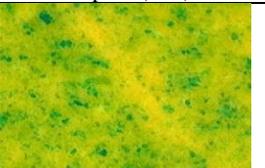
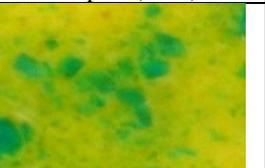
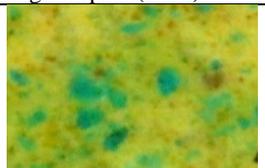
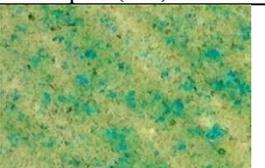
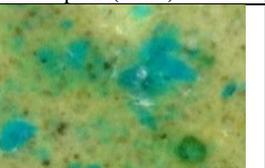
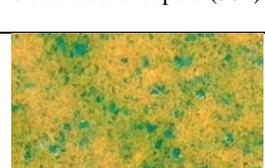
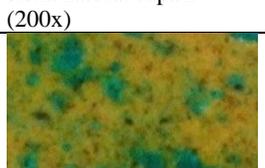
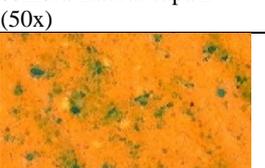
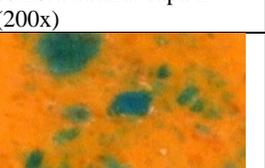
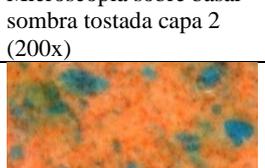
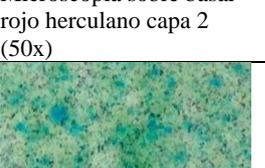
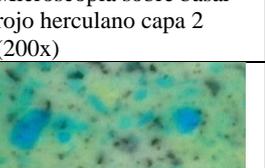
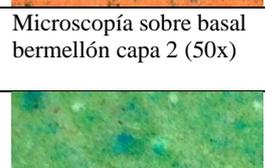
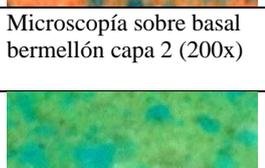
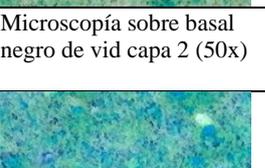
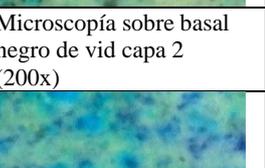
Ultramar

			
Microscopía sobre basal blanco capa 1-1 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1-1 (200x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1 (200x)
			
Microscopía sobre basal blanco capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal blanco capa 3 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 3 (200x)
			
Microscopía sobre basal blanco capa 4 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 4 (200x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (200x)

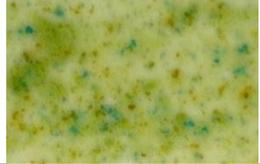
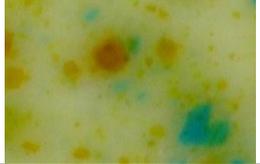
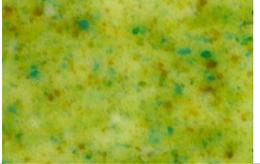
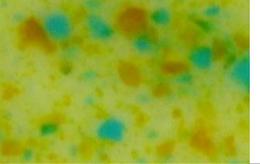
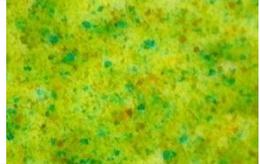
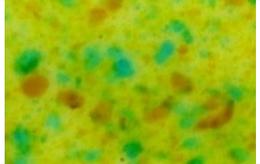
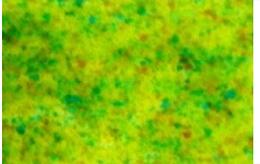
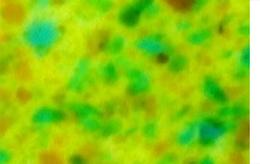
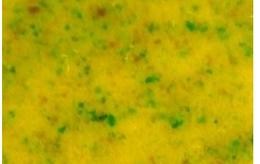
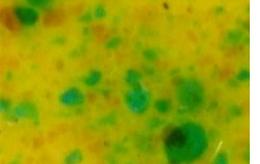
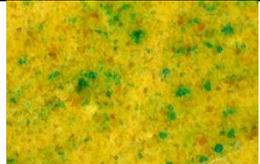
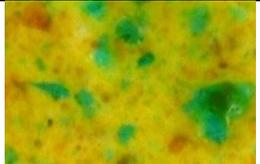
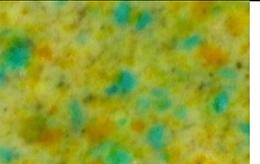
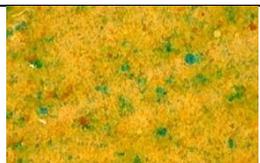
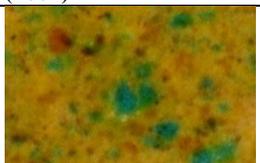
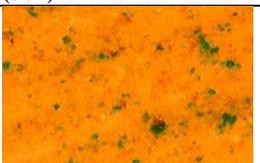
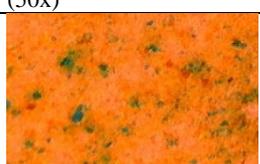
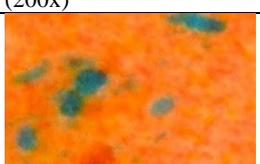
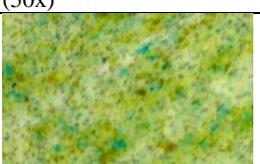
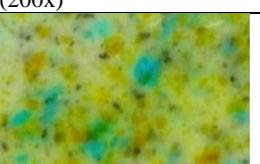
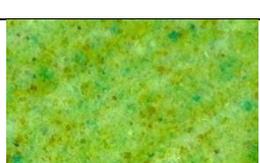
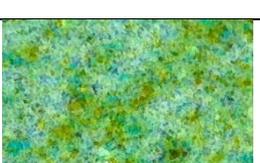
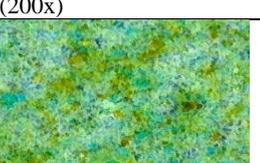
Esmalte

			
Microscopía sobre basal blanco capa 1 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1 (200x)	Microscopía sobre basal blanco capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal blanco capa 3 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal blanco capa 4 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 4 (200x)
			
Microscopía sobre basal negro capa 4 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 4 (200x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (200x)

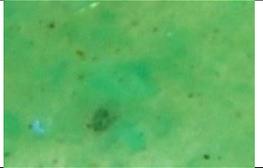
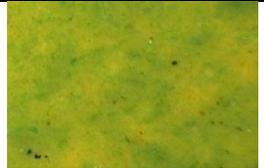
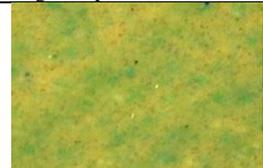
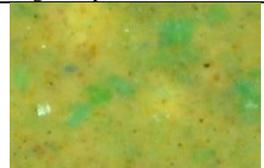
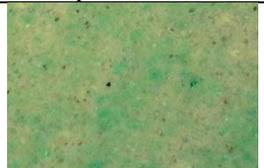
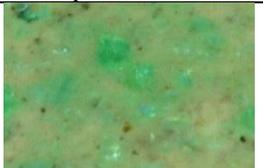
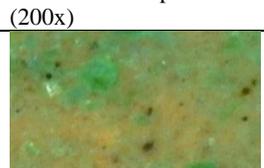
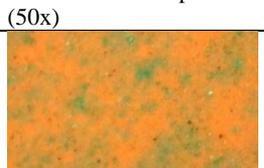
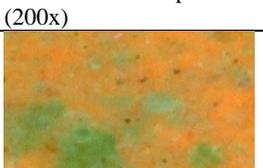
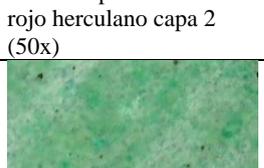
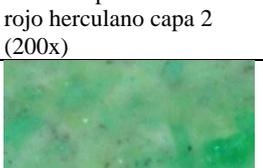
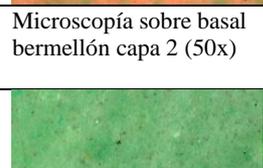
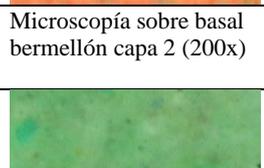
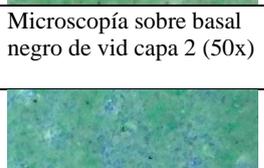
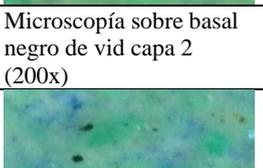
Acetato de cobre

			
Microscopía sobre basal blanco capa 1-1 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1-1 (200x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1 (200x)
			
Microscopía sobre basal blanco capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal blanco capa 4 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 4 (200x)
			
Microscopía sobre basal negro capa 3 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 3 (200x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (200x)

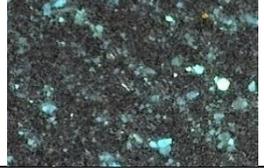
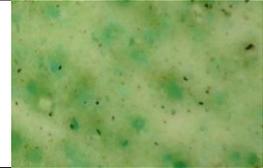
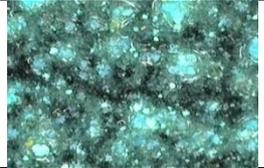
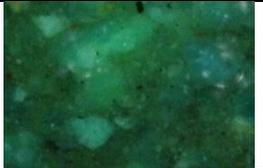
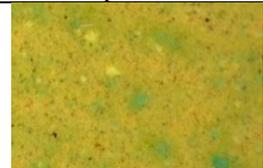
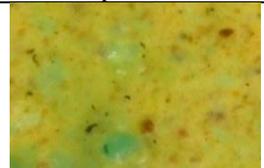
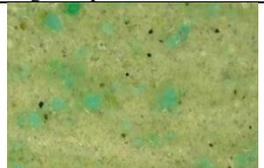
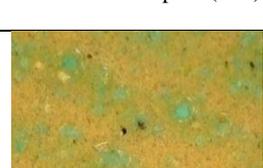
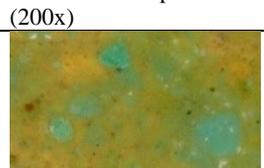
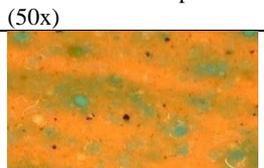
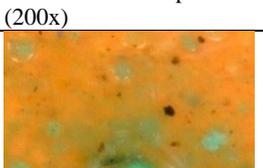
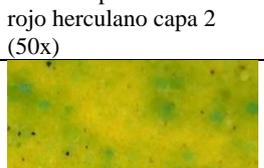
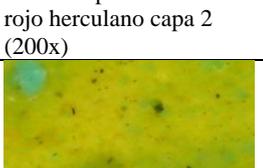
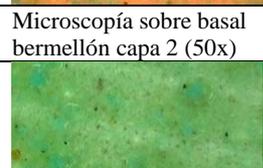
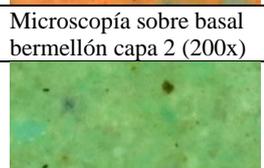
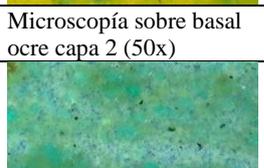
Acetato de cobre con laca reseda

			
Microscopía sobre basal blanco capa 1 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1 (200x)	Microscopía sobre basal blanco capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal blanco capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal blanco capa 3 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 3 (200x)
			
Microscopía sobre basal negro capa 4 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 4 (200x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (200x)

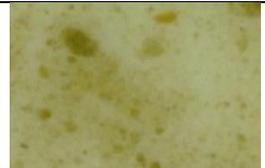
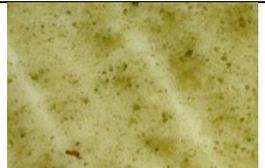
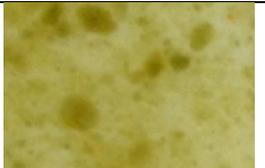
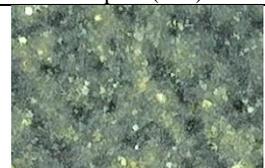
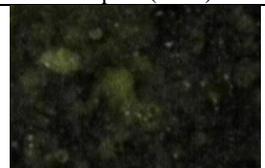
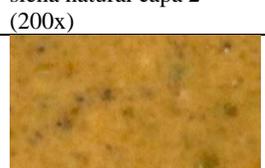
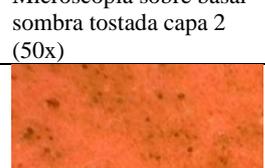
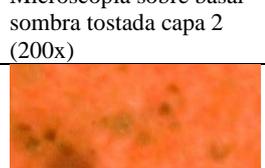
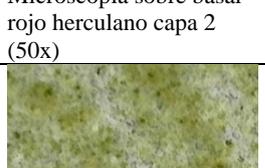
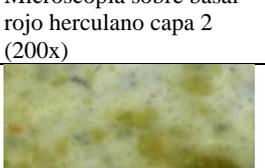
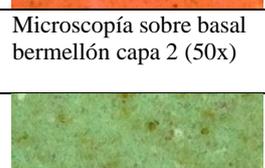
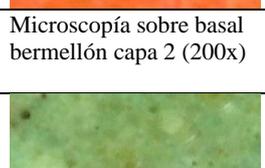
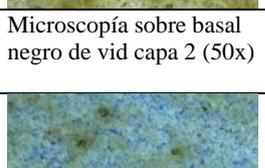
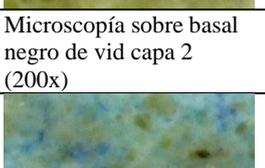
Malaquita

			
Microscopía sobre basal blanco capa 1-1 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1-1 (200x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1 (200x)
			
Microscopía sobre basal blanco capa 3 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 3 (200x)	Microscopía sobre basal blanco capa 4 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 4 (200x)
			
Microscopía sobre basal negro capa 4 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 4 (200x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (200x)

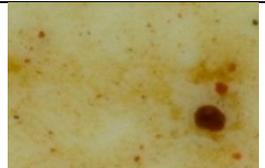
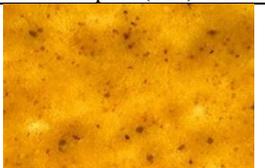
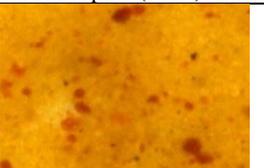
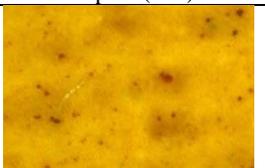
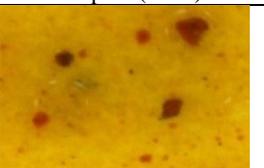
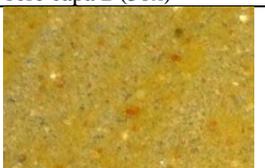
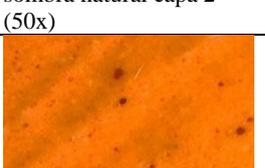
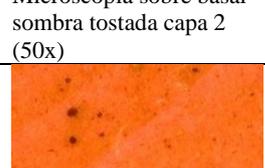
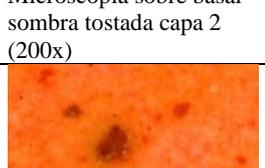
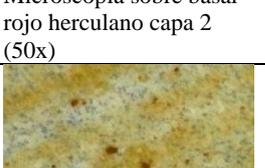
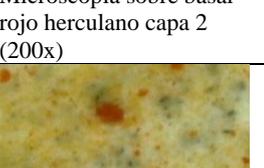
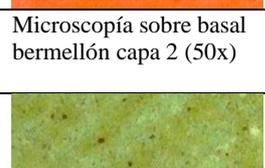
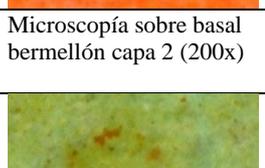
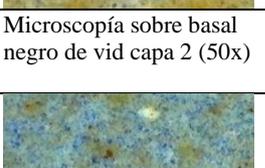
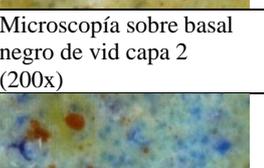
Crisocola

			
Microscopía sobre basal blanco capa 1-1 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1-1 (200x)	Microscopía sobre basal negro capa 1 -1 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 1-1 (200x)
			
Microscopía sobre basal blanco capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal negro capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal blanco capa 4 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 4 (200x)	Microscopía sobre basal negro capa 4 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 4 (200x)
			
Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (200x)

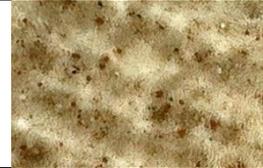
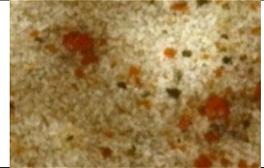
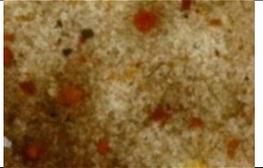
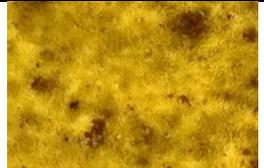
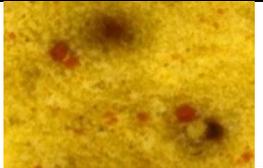
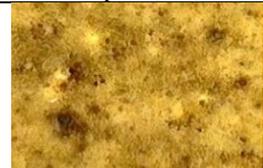
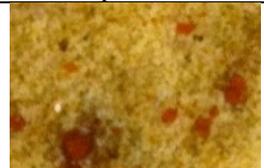
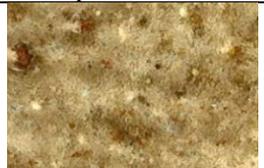
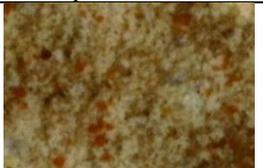
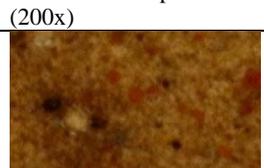
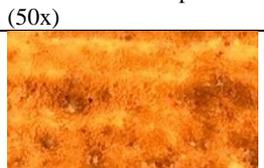
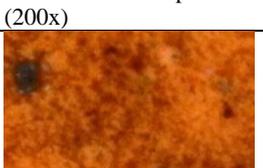
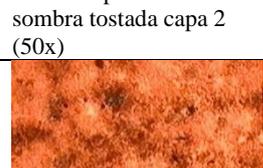
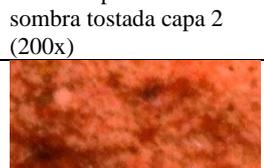
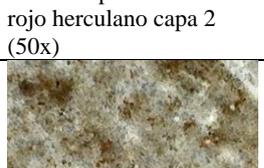
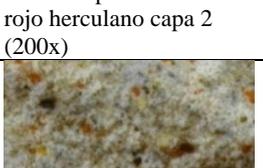
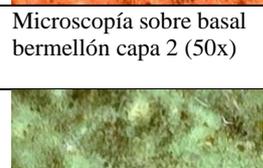
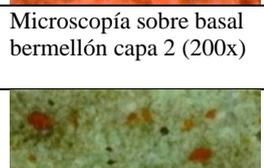
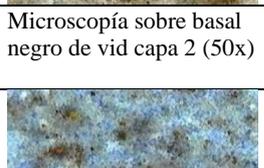
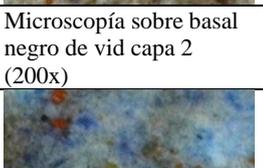
Celadonita

			
Microscopía sobre basal blanco capa 1 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1 (200x)	Microscopía sobre basal blanco capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal blanco capa 3 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 3 (200x)	Microscopía sobre basal blanco capa 4 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 4 (200x)
			
Microscopía sobre basal negro capa 3 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 3 (200x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (200x)

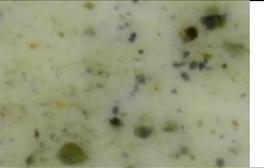
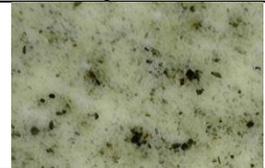
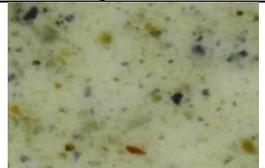
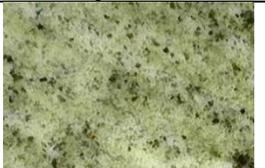
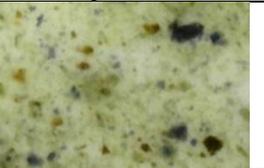
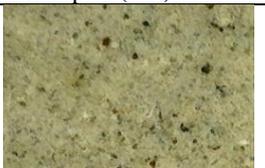
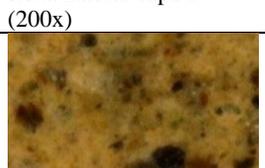
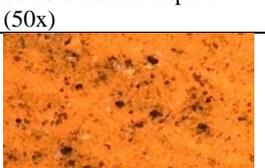
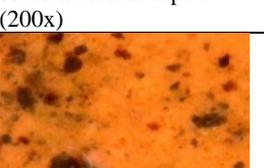
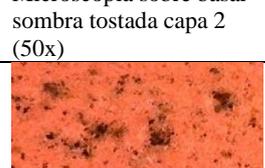
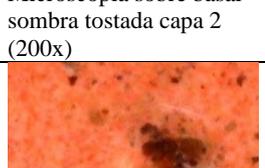
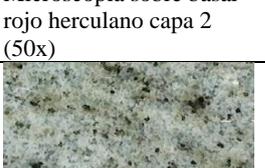
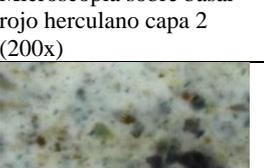
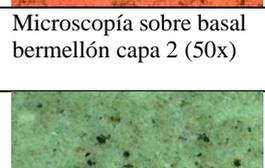
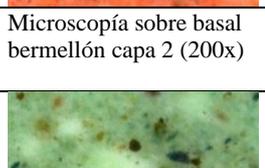
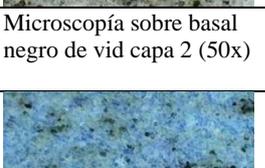
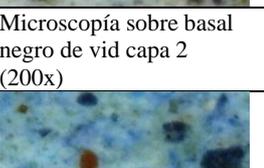
Ocre habana

			
Microscopía sobre basal blanco capa 1 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1 (200x)	Microscopía sobre basal blanco capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal blanco capa 3 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 3 (200x)	Microscopía sobre basal blanco capa 4 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 4 (200x)
			
Microscopía sobre basal negro capa 3 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 3 (200x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal sienna natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sienna natural capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (200x)

Pardo van Dyck

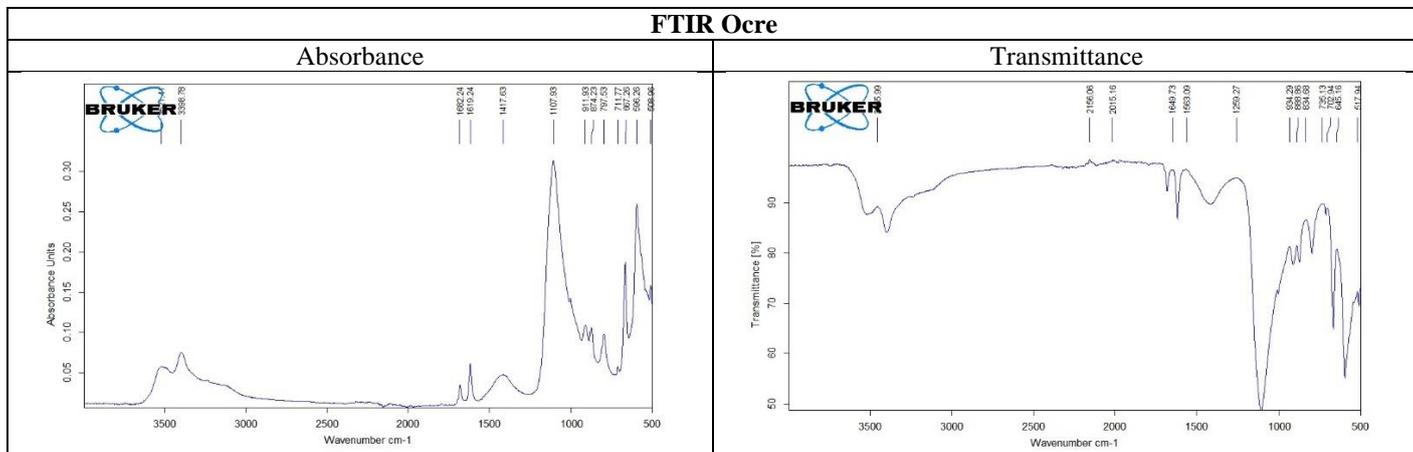
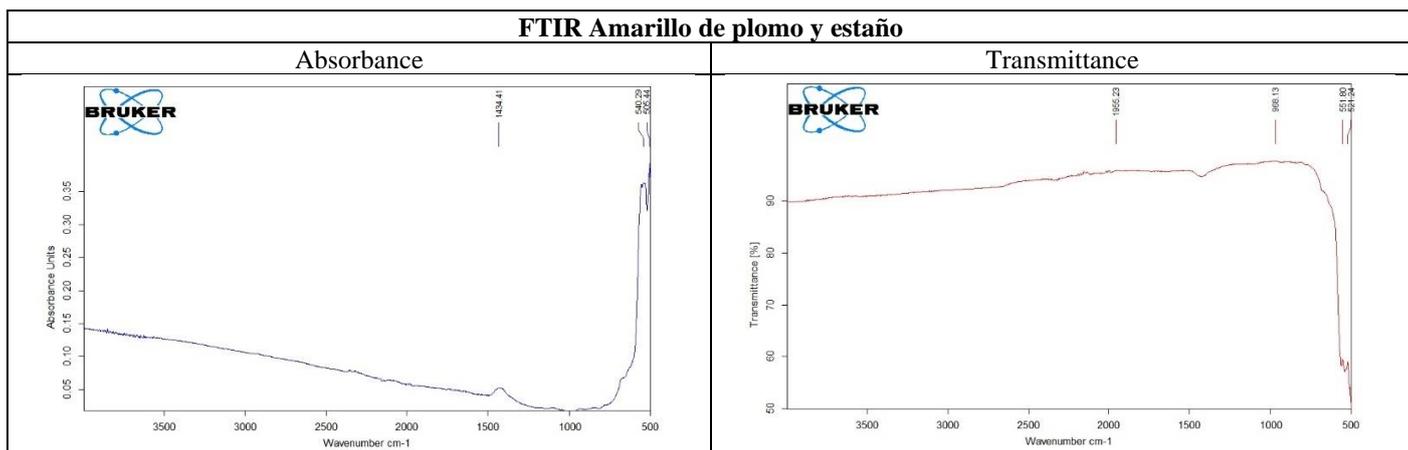
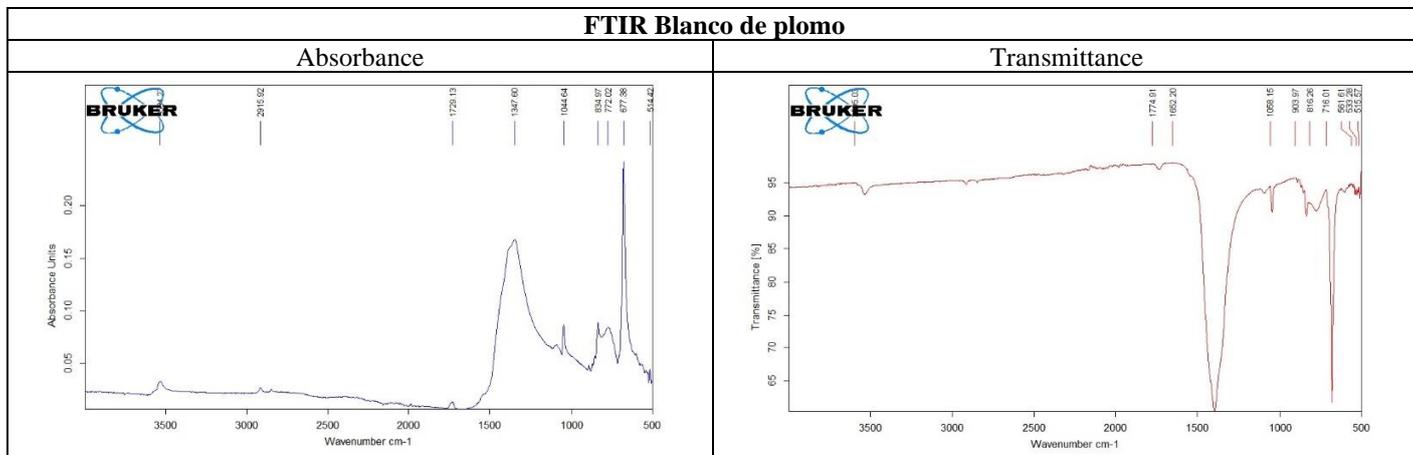
			
Microscopía sobre basal blanco capa 1-1 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1-1 (200x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1 (200x)
			
Microscopía sobre basal blanco capa 3 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 3 (200x)	Microscopía sobre basal blanco capa 4 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 4 (200x)
			
Microscopía sobre basal blanco capa 4 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 4 (200x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (200x)

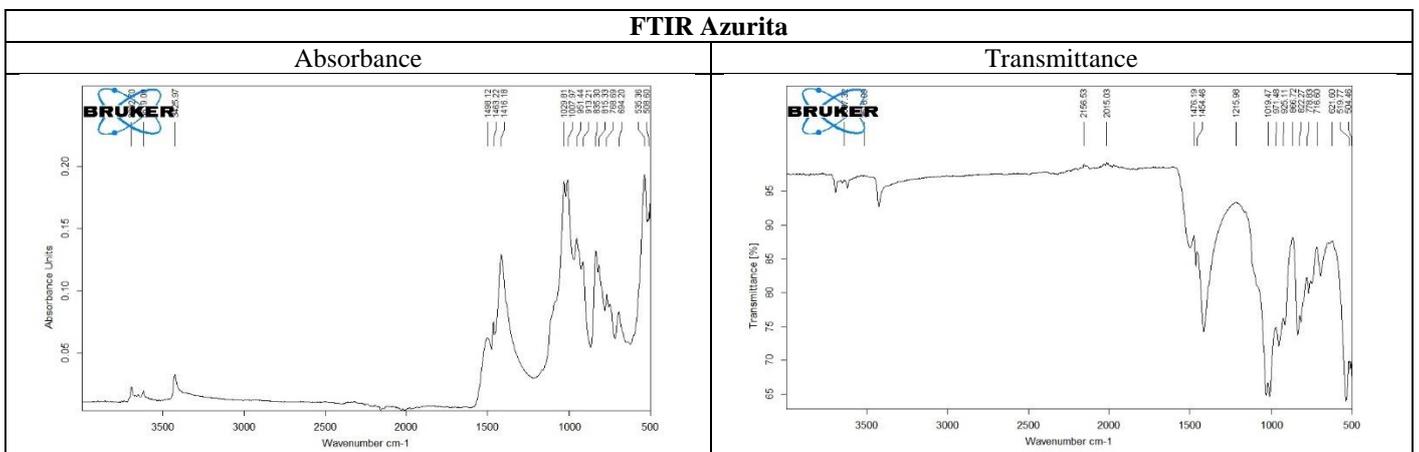
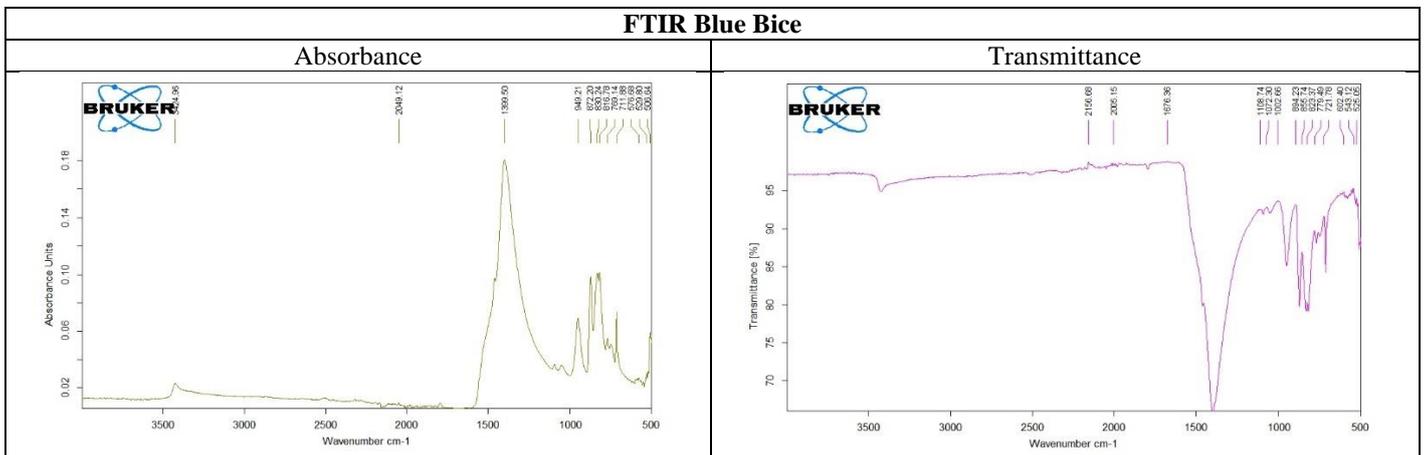
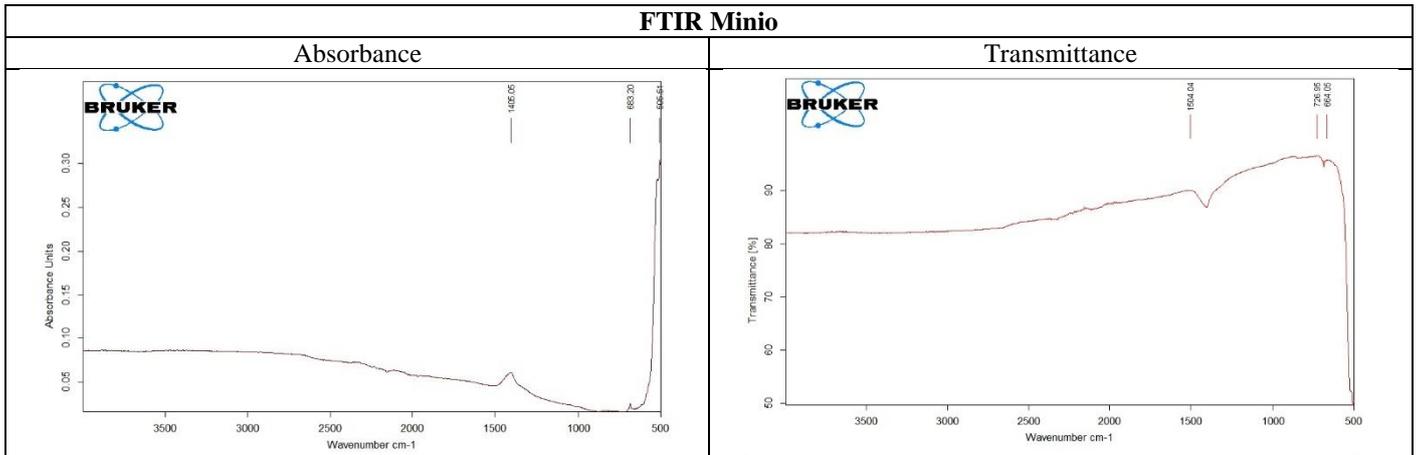
Vivianita

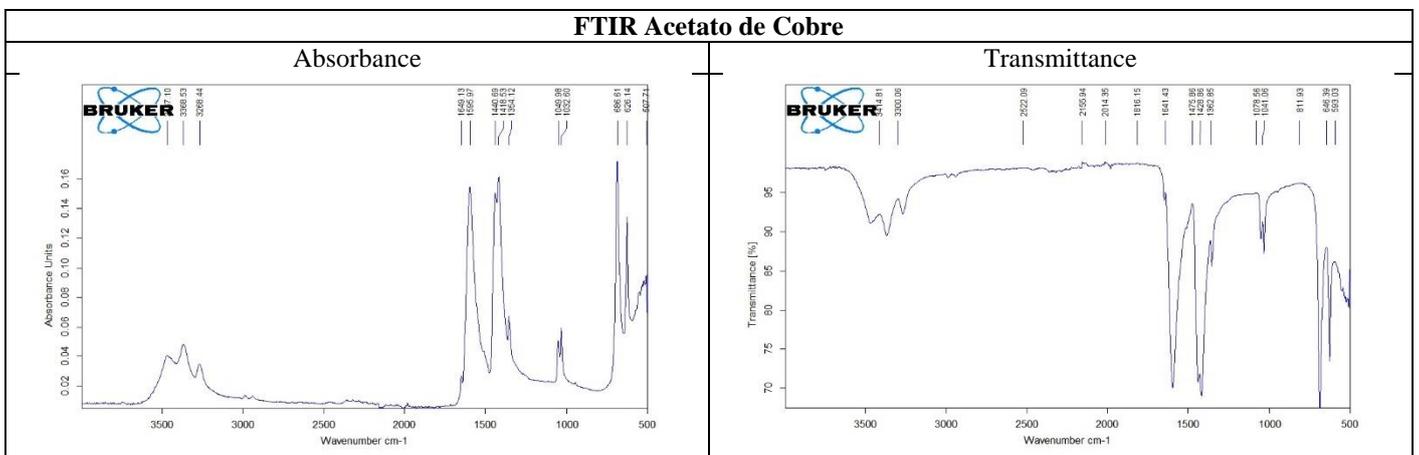
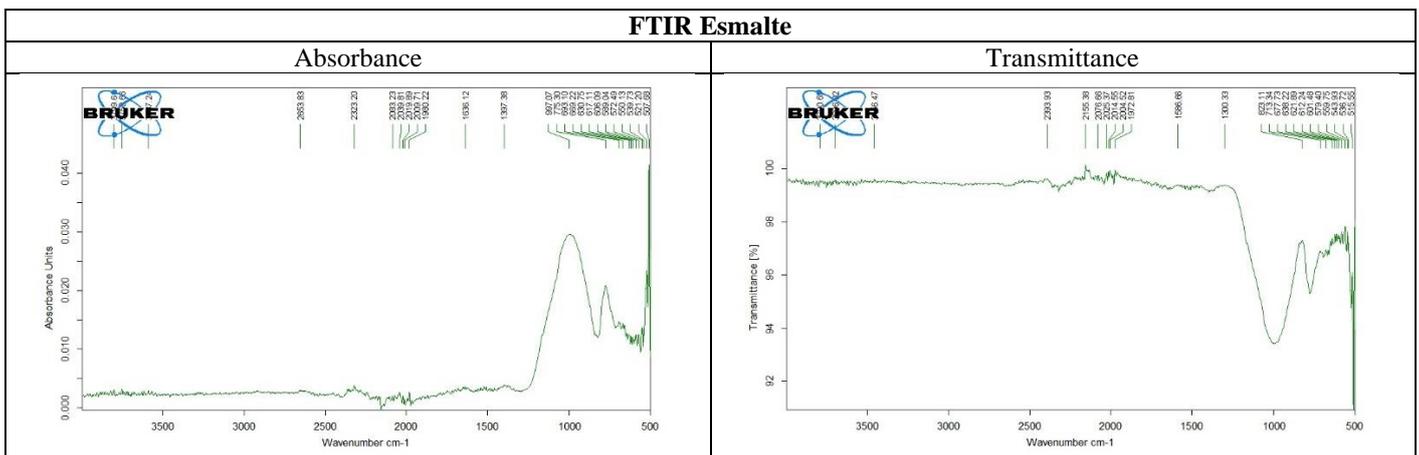
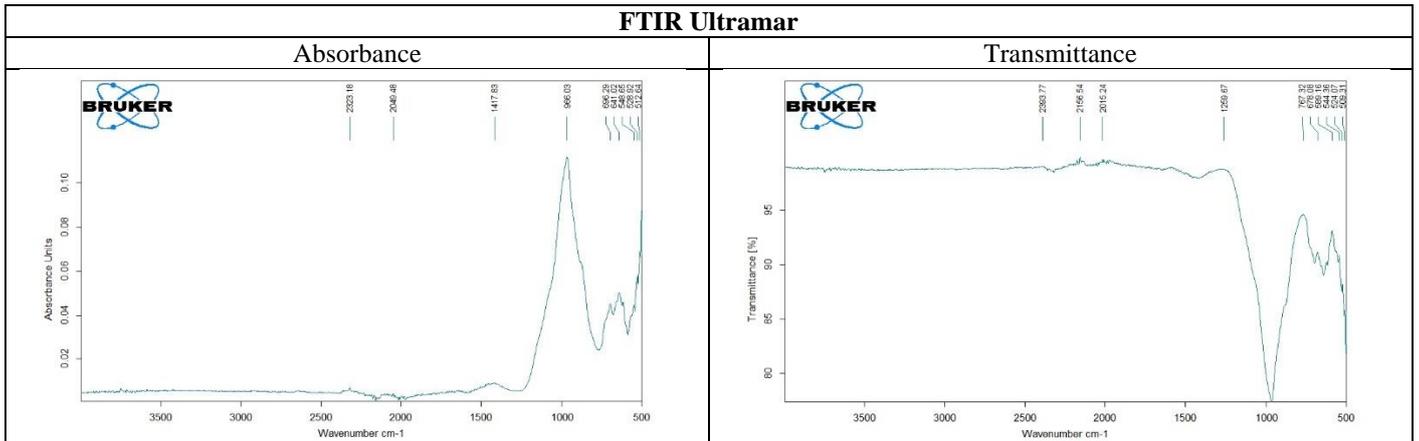
			
Microscopía sobre basal blanco capa 1-1 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1-1 (200x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 1 (200x)
			
Microscopía sobre basal blanco capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal blanco capa 3 (50x)	Microscopía sobre basal blanco capa 3 (200x)
			
Microscopía sobre basal negro capa 3 (50x)	Microscopía sobre basal negro capa 3 (200x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal ocre capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal siena natural capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra natural capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal sombra tostada capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal rojo herculano capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal bermellón capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal negro de vid capa 2 (200x)
			
Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal tierra verde capa 2 (200x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (50x)	Microscopía sobre basal azurita capa 2 (200x)

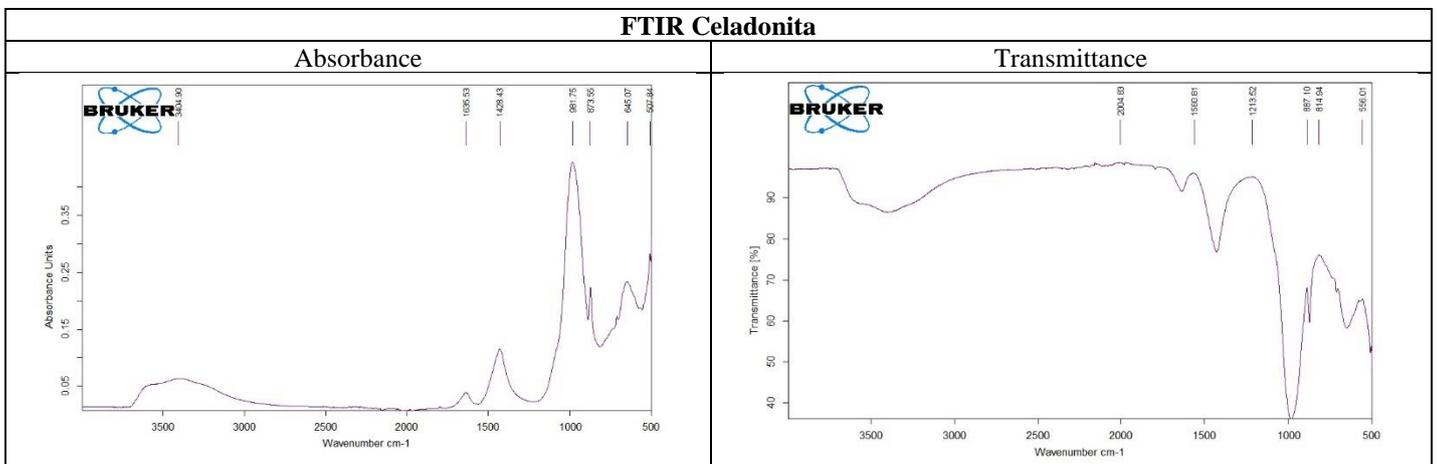
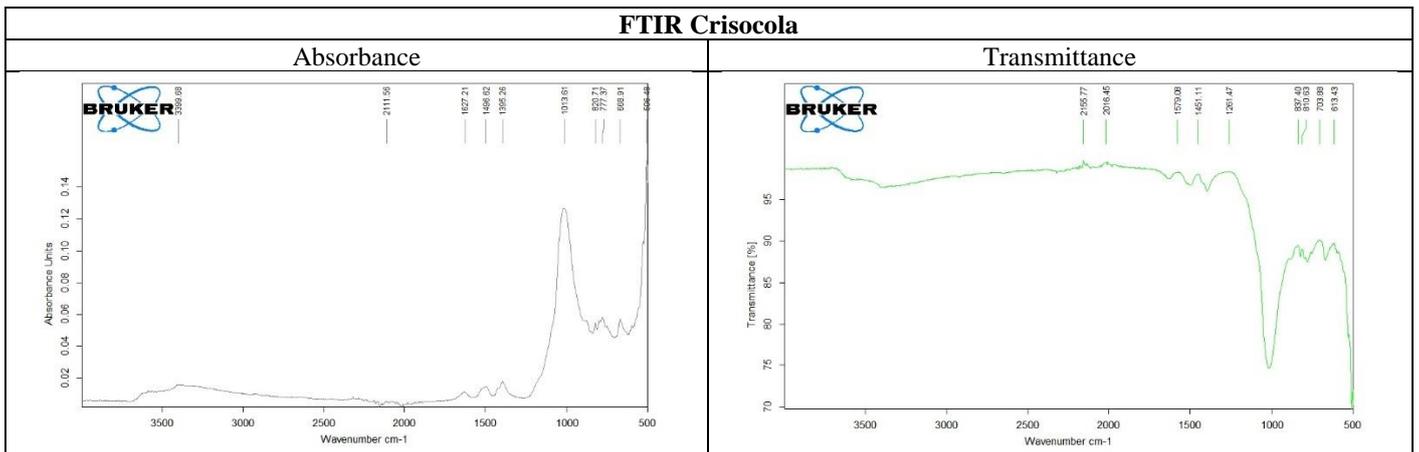
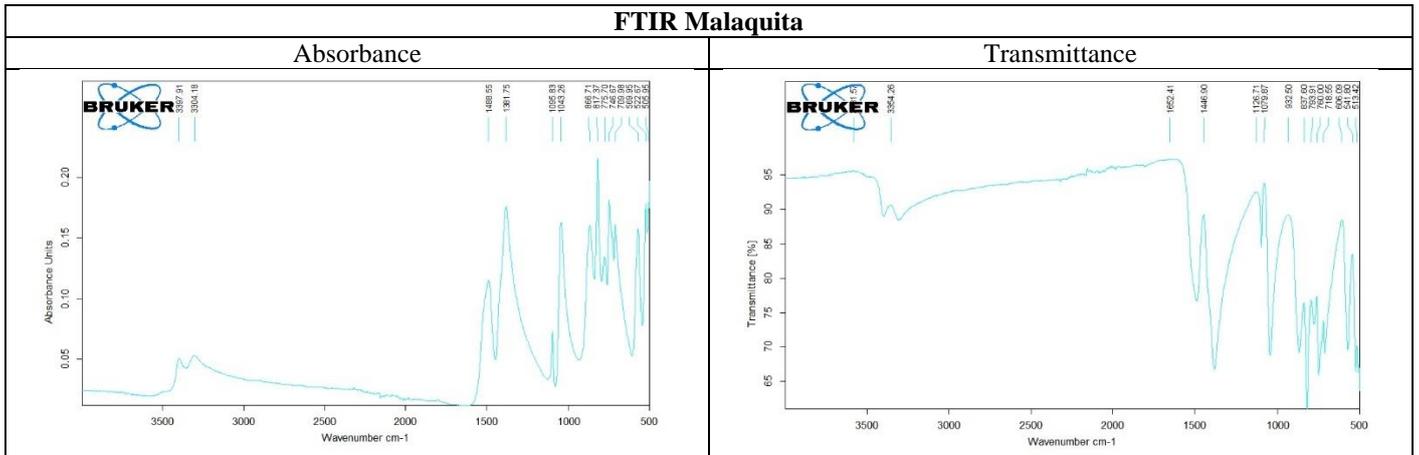
Anexo IV. Resultados FTIR.

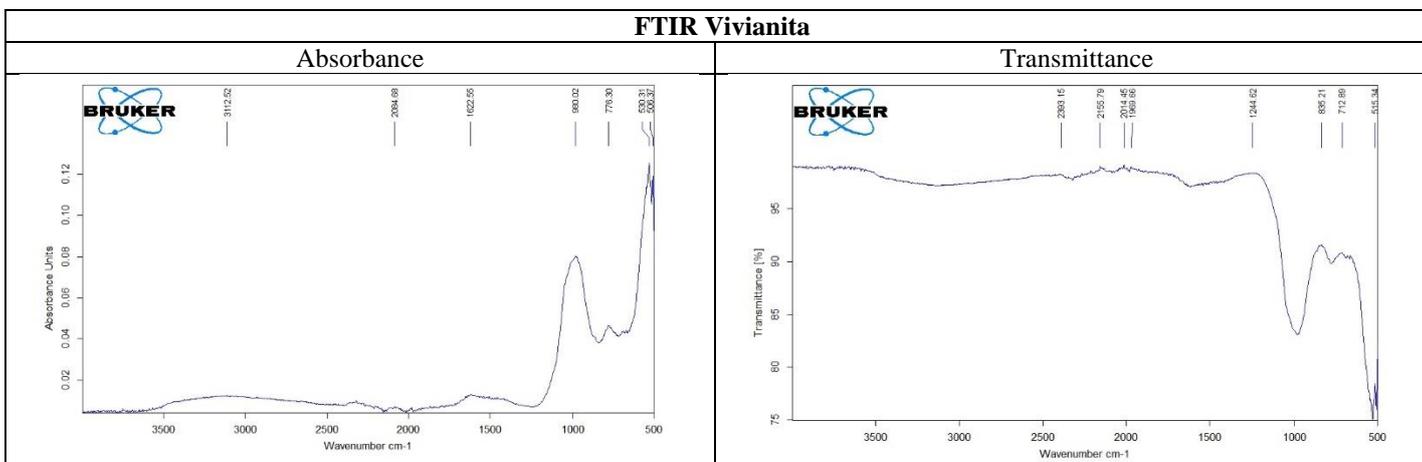
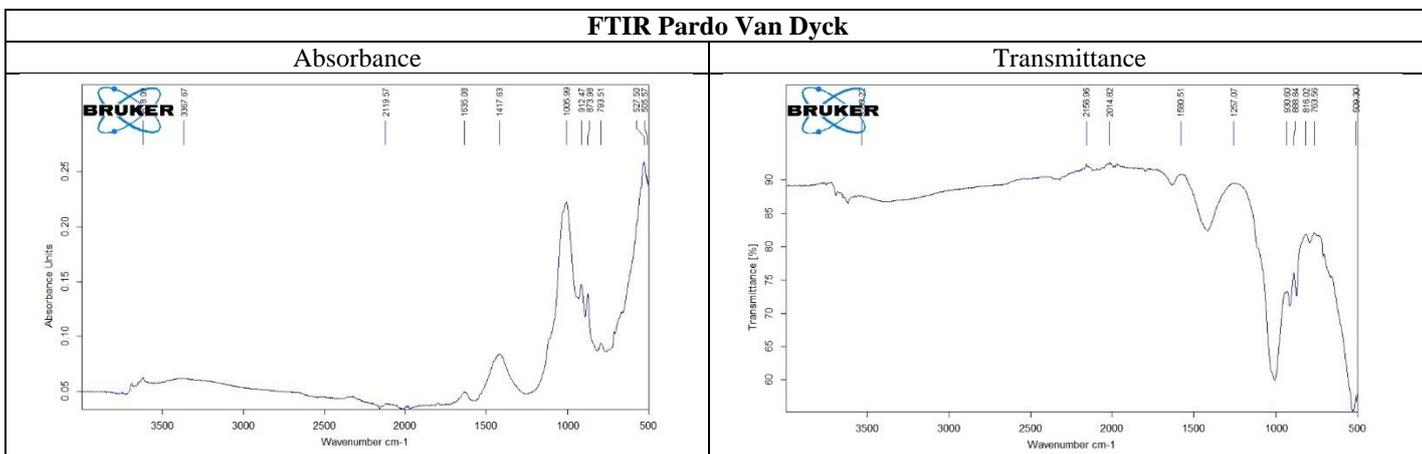
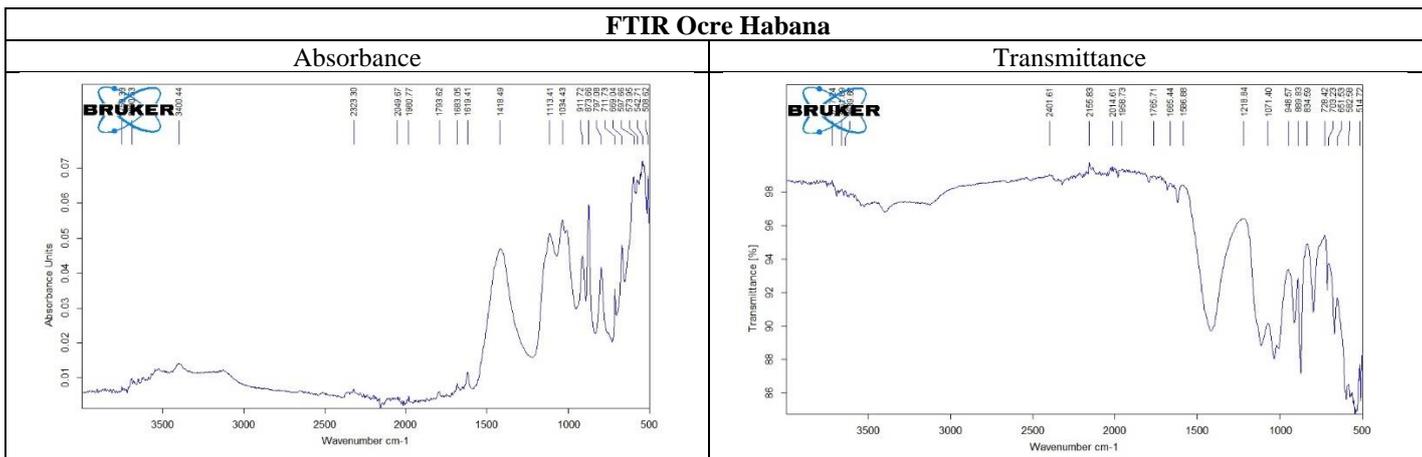
Veladuras











Agradecimientos

Quiero mostrar mi agradecimiento de forma especial a mis tutores, Tona y Miquel, nunca pensé que un TFM podría ser tan intenso. Por su dedicación, por su esfuerzo constante, por su pasión contagiosa, por su apoyo, por ser grandes comunicadores, por todo lo que me habéis enseñado, de verdad me faltan palabras. Gracias por ser un equipo, por NUESTRO trabajo.

En segundo lugar, pero no por ello menos importante, quiero dar las gracias a mis padres, quienes creyeron en mí ante la adversidad desde pequeña. Que las despedidas siempre sirvan para darnos cuenta de algo, aunque nos volvamos a ver. Y a mi familia, porque hacen de mi alegría, su alegría.

A personas que no aparecen como autores, pero este trabajo es tan mío como vuestro. Quiero dar las GRACIAS a Arancha, mi predecesora con pigmentos orgánicos, con quien comparto la experiencia sobre la gran dedicación que exige un trabajo como este. Por toda la ayuda y ánimo. A mi pareja, Alfonso Verde, siempre al pie del cañón, siempre atento, siempre dispuesto. Compartir la pasión de una profesión es mucho más de lo que podía pedir. Porque los pigmentos y el color ocupan nuestras vidas.

A mis amigos, a todos aquellos de Madrid, que en la distancia sigo sintiendo su calor. Pero en especial a Alberto Sáez, mi compañero en esta locura del “sueño valenciano”.

Y por último, a aquellas personas que al pasarse por el taller brindaban palabras de ánimo, no sabéis lo muchísimo que valen, gracias.

Ceci est la couleur de mes rêves