



Universidad de Chile  
Facultad de Ciencias Sociales  
Departamento de Antropología

# Prácticas tecnológicas en la producción de pinturas rupestres. Una aproximación experimental.

Memoria para optar al título de Arqueóloga

Nombre: Catalina Venegas Peña  
Profesor guía: Dr. Andrés Troncoso Meléndez  
Profesora tutor: Francisca Moya Cañoles

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	<b>12</b>
2.1 La investigación de la tecnología en pinturas rupestres .....	12
2.2 Investigaciones de pinturas rupestres en Sudamérica .....	14
2.3 Estudios arqueométricos en las pinturas en el Norte Semiárido .....	15
2.4 La arqueología experimental y pinturas rupestres .....	16
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>18</b>
3.1 Objetivo General .....	18
3.2 Objetivos Específicos: .....	18
<b>4. MARCO TEORICO</b> .....	<b>18</b>
4.1 Hacia una conceptualización del proceso pictórico .....	18
4.1.1. Prácticas Tecnológicas .....	18
4.1.2 ¿Qué es una pintura? .....	20
4.2. Arqueología experimental .....	25
<b>5. METODOLOGÍA</b> .....	<b>26</b>
5.1. Programa Experimental .....	27
5.1.1 Selección y recolección de materias primas .....	27
5.1.2 Elección de técnicas de preparación .....	29
5.2 Análisis en laboratorio. ....	31
5.2.1. Microscopía óptica .....	31
5.2.2 Preparación de muestras .....	33
5.2.3. Microscopía Óptica de las secciones transversales .....	34
5.2.4 Microscopía electrónica de barrido .....	34
5.3 Color .....	35
<b>6. RESULTADOS</b> .....	<b>35</b>
6.1. Resultados experimentación .....	35
6.1.1 Procesamiento .....	37
6.1.2 Técnica de aplicación .....	39
6.1.3 Síntesis .....	42
6.2 Resultados microscópicos de las muestras experimentales .....	44
6.2.1 Caracterización de las mezclas pigmentarias según pigmento .....	44
6.2.2 Síntesis .....	50
6.2.3 Caracterización de secciones transversales de las mezclas experimentales .....	52
6.3 Técnicas de aplicación .....	55
6.4. Resultados SEM-EDS de muestras experimentales .....	57
6.4.1 Caracterización de muestras control .....	58

6.4.2 Caracterización de muestras según pigmento .....	61
6.4.3 Síntesis .....	74
<b>7. DISCUSION .....</b>	<b>76</b>
7.1 De la experimentación a las prácticas tecnológicas.....	76
7.2 De recetas, pots y mezclas pigmentarias .....	85
7.3 Consideraciones metodológicas .....	88
<b>8. REFLEXIONES FINALES.....</b>	<b>90</b>
<b>9. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>92</b>
<b>10. ANEXOS.....</b>	<b>100</b>
10.1 Anexo I. Materias primas recolectadas y procesamientos de pigmentos. ....	100
10.2 Anexo II. Tabla síntesis de las mezclas pigmentarias y cadenas operativas realizadas en la experimentación. ....	101
10.3. Anexo III. Tabla síntesis de análisis microscópico de muestras experimentales expresada en número de muestras .....	104
10.4 Anexo IV. Principales características de las secciones transversales analizadas .....	105
10.5 Anexo V. Resultados análisis puntuales de muestras control de pigmentos.....	110

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de prospección y recolección de materias primas experimentales próximas al sitio Cumpa. Tierras altas del interfluvio de los ríos Elquí-Limarí, región de Coquimbo. ....	27
Figura 2. Emplazamiento lugar de recolección de materias primas experimentales próximas al sitio Cumpa (a la izquierda) y lugar de recolección de pigmentos (a la derecha), región de Coquimbo.....	28
Figura 3. Muestras experimentales rotuladas en soporte (1) de roca basáltica.....	31
Figura 4. Resultado del procesamiento de pigmentos. De izquierda a derecha: hematita raspada, ocre molido y ocre tamizado.....	37
Figura 5. Diferencias entre las técnicas de aplicación, digital (D) y pincel (P). A la izquierda mezclas con ocre a la derecha con hematita. ....	41
Figura 6. Muestras en base a hematita con diferencias entre una mezcla homogénea y heterogénea (izquierda muestra P02, derecha muestra P27), en aumento 5x.....	44
Figura 7. Tipos de distribución de inclusiones en muestras heterogéneas. Distribución aislada en muestra P08 a la izquierda. Distribución en área, en muestra P26 a la derecha. En aumento 5X. ....	45
Figura 8. Inclusiones blancas en mezclas pigmentarias con yeso. De izquierda a derecha: P08, P26 y P27. En aumento 10X.....	46
Figura 9. Tipo de distribución de inclusiones de cuarzo en mezclas en base a hematita, aumento 5X.....	46
Figura 10. Inclusiones en mezcla con arcilla (P01) .....	47
Figura 11. Mezclas en base a ocre con diferencias en su granulometría. A la izquierda mezcla homogénea (muestra P31T), a la derecha una mezcla heterogénea (muestra P11T), en aumento 10 X.....	48

Figura 12. Principales inclusiones observadas en las mezclas en base a ocre, aumento 10X.....	49
Figura 13. Variabilidad de las inclusiones de cuarzo (izquierda a derecha muestra P29M, P10, P12T) y en aumento 10X.....	49
Figura 14. Variabilidad de las inclusiones de posible yeso (izquierda a derecha muestra P17T, P35M, P36T) y en aumento 10x .....	50
Figura 15. Muestras control. A la izquierda muestra control de hematita (MC01), a la derecha muestra control ocre (MC08).....	53
Figura 16. Corte transversal de muestra P31 M, aumento 10x. ....	55
Figura 17. Mezclas de aplicación con pincel, corresponden a las muestras en base a hematita P05, P19, P26 y en base a ocre P35M, y P30T, en aumento 5X.....	56
Figura 18. Mezclas de aplicación digital, corresponden a las muestras en base a hematita P09 y en base a ocre P18T, P31M, P36T, P30M, en aumento 5X.....	57
Figura 19. Muestra MC01 en distintas observaciones. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída y luego su sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3 corresponden a imagen microscópica de la sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados o imágenes de electrones retro dispersados (EDS), en magnificación 400x. ....	58
Figura 20. Ubicación de análisis puntuales. A la izquierda imagen de electrones secundarios de las áreas medidas. A la derecha. Imágenes de electrones retro dispersados (BSE) donde se señala los análisis puntuales en rojo (spot), magnificación 3000x. ....	59
Figura 21. Muestra MC08 en distintas observaciones. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída y luego su sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3 corresponden a imagen microscópica de la sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados o imágenes de electrones retro dispersados (EDS), en magnificación 400x. ....	60
Figura 22. Ubicación de análisis puntuales. A la izquierda imagen de electrones secundarios de las áreas medidas, magnificación 400x. A la derecha imágenes de electrones retrodispersados (BSE) donde se señalan los análisis puntuales en rojo (spot), magnificación 3000x .....	61
Figura 23. Muestra P09 en observaciones comparativas de sus elementos. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída junto a sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3 corresponden a la sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados, en magnificación 400x.....	62
Figura 24. Imagen de microscopio óptico de la muestra P09 junto a imagen de electrones secundarios donde se señala en números el área medida.....	63
Figura 25. Muestra P05 en distintas observaciones. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída y luego su sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3 corresponden a imagen microscópica de la sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados en magnificación 400x.....	64
Figura 26. Imagen de microscopio óptico de la muestra P05 (izquierda) junto a imagen de electrones retro dispersados donde se señala en números el área medida. ....	64
Figura 27. Muestra P19 en distintas observaciones. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída y luego su sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3, la primera corresponde a imagen microscópica de su sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados en electrones retro dispersados (BSE), magnificación 400x.....	66
Figura 28. Muestra P26 en distintas observaciones. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída y luego su sección transversal, en aumento	

5x. Fila 2 y 3, la primera corresponde a imagen microscópica de su sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados en magnificación 400x.....	67
Figura 29. Muestra P18T en distintas observaciones. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída y luego su sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3 corresponden a imagen microscópica de la sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados magnificación 400x. ....	68
Figura 30. Muestra P30T en distintas observaciones. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída y luego su sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3 corresponden a imagen microscópica de la sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados, en magnificación 400x.....	69
Figura 31. Imagen de microscopio óptico junto a 2 imágenes de electrones secundarios donde se señalan las áreas medidas .....	69
Figura 32. Muestra P30M en distintas observaciones. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída y luego su sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3 corresponden a imagen microscópica de la sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados, en magnificación 400x.....	70
Figura 33. Muestra P31M en distintas observaciones. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída y luego su sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3 corresponden a imagen microscópica de la sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados, en magnificación 400x.....	71
Figura 34. Detalle de observación microscópica junto a imagen de electrones secundarios donde se señalan las áreas medidas .....	72
Figura 35. Muestra P35M en distintas observaciones. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída y luego su sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3 corresponden a imagen microscópica de la sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados, en magnificación 400x.....	73
Figura 36. Muestra P36T en distintas observaciones. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída y luego su sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3 corresponden a imagen microscópica de la sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados, en magnificación 400x.....	74
Figura 37. Síntesis de visibilidad de las prácticas tecnológicas a partir de los indicadores propuestos, según metodología de análisis microscopía óptica (MO) y microscopio electrónico de barrido (SEM-EDS). Elaboración a partir de la cadena operativa propuesta por Fiore (2007) para pinturas rupestres.....	84

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Indicadores y valores para el análisis microscópico de mezclas pigmentarias experimentales.....	33
Tabla 2. Resumen de las cadenas operativas realizadas en la experimentación. Para mayor detalle ver anexo II.....	36
Tabla 3. Resumen de la composición química de las áreas señaladas en la figura 20. Se expresan en % de peso de cada elemento en relación con el total.....	59
Tabla 4. Resumen de la composición química de las áreas señaladas en la figura 22. Se expresan en % de peso de cada elemento en relación con el total.....	61
Tabla 5. Composición química de las áreas señaladas en la figura 24. Se expresan en % de peso de cada elemento en relación con el total .....	63
Tabla 6. Composición química de las áreas señaladas en la figura 26. Se expresan en % de peso de cada elemento en relación con el total .....	65
Tabla 7. Composición química de las áreas señaladas en la figura 31. Se expresan en % de peso de cada elemento en relación con el total .....	70
Tabla 8. Composición química de las áreas señaladas en la figura 34. Se expresan en % de peso de cada elemento en relación con el total .....	72

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer, en primera instancia a mi profesor guía Andrés Troncoso por su comprensión, apoyo y buena voluntad durante todo el proceso investigativo. A Francisca Moya, mi profesora tutora, por compartir su conocimiento, por su dedicación y tiempo para guiarme en este camino de la arqueología. Agradecerles en conjunto por integrarme al equipo de trabajo del proyecto FONDECYT 1200276 en el cual se enmarca esta investigación. Por permitirme aprender desde el trabajo colaborativo, por lo que agradezco a cada persona del equipo que colaboró en las distintas etapas, en particular a Fernanda Gurovich.

Agradezco a Christian Nievas del departamento de Geología de la Universidad de Chile por su comprensión y enseñanza en el trabajo en laboratorio. A Paolo del Departamento de Antropología por su buena disposición a facilitarme el espacio de trabajo incluso en contextos adversos. Al equipo de trabajo de arqueología experimental que habita el laboratorio de la Universidad Alberto Hurtado, a ustedes que sin querer me hicieron creer nuevamente en este proceso.

En espacial, quiero agradecer a mis amigos. A Florencia por acompañarme en este proceso por su escucha, contención y aliento incansable en cada paso. A Andrés por el apoyo y su disposición a enseñar siempre. A María, por corregir, escuchar y aconsejarme en cada etapa de este proceso. A Javiera y Nicolás por el apoyo y cariño incondicional.

Agradecer a mi familia. A mi papá, mis hermanos y sobrinos por alentarme a la distancia, en espacial a mi mamá por cuidarme, apoyarme y enseñarme lo esencial de la vida en todo momento. Sin ella, nada de esto sería posible. A mi compañero Antonio, por cubrir los frentes de la vida cotidiana con amor y paciencia durante este trabajo.

A mis familias escogidas que me acompañaron y alentaron en algún momento de esta travesía a Marjanka, Anäis, Eduardo, a la familia Caripán Huenumán, a Diego, Vivianne y Valeria, a ustedes por enseñarme del buen vivir.

## **RESUMEN**

La investigación presenta los resultados obtenidos del análisis de pinturas experimentales elaboradas a partir de un protocolo con el objetivo de evaluar la visibilidad de las prácticas tecnológicas a partir de variables controladas. Se utiliza una metodología enfocada en la caracterización microscópica de secciones transversales de muestras de pinturas experimentales siguiendo el protocolo utilizado para el estudio de pinturas arqueológicas para luego ser analizadas a través de un microscopio electrónico de barrido. El objetivo se enmarca, en los resultados obtenidos en los trabajos arqueológicos en el norte semiárido sobre pinturas rupestres, a partir de los cuales se ha ampliado la discusión sobre las prácticas tecnológicas utilizando técnicas arqueométricas. Los resultados de los análisis microscópicos del presente trabajo indican una mayor variabilidad mientras que los elementales tienden a homogeneizar las pinturas experimentales. A partir de estos proponemos una discusión basada en las ventajas y limitaciones tanto de los análisis arqueométricos como de los conceptos clásicos utilizados en el estudio tecnológico de las pinturas con el objetivo de aportar a la discusión de las teorías que se han establecido sobre las prácticas tecnológicas de las pinturas rupestres.

**Palabras claves:** Prácticas tecnológicas – pinturas rupestres- arqueología experimental



## 1. INTRODUCCIÓN

Los estudios tecnológicos de las pinturas rupestres a partir del uso de técnicas arqueométricas han significado un avance en la comprensión material de éstas caracterizando inicialmente sus componentes. No obstante, han sido escasas las investigaciones que han abordado de manera sistemática los procesos de producción de las pinturas. En parte, esto ha contribuido a que aún no se puedan despejar algunas preguntas sobre la intencionalidad humana a partir de los aspectos microscópicos de las pinturas rupestres.

Esta falta de estudios sobre los procesos de producción de las pinturas también ha contribuido a una ausencia de una unidad metodológica arqueométrica que permita abordar con una mayor exactitud los procesos técnicos de su manufactura, por lo que ciertas investigaciones se han apresurado en interpretar los resultados asociando ciertas tendencias de su manufactura a motivos y grupos culturales específicos, a través del concepto de estilo tecnológico (de Balbín Behrmann & González, 2009).

En el contexto local los estudios de arte rupestre han tenido una fuerte influencia de las investigaciones francesas, pioneras en el campo de la aplicación de los análisis arqueométricos en pinturas rupestres. Lo anterior ha llevado a una escasa discusión sobre aspectos teórico-metodológicos claves como los conceptos de recetas y *pots* de pinturas, las que sólo recientemente han sido problematizados por algunas investigaciones (Gheco et al., 2013, 2020; Moya, 2015; Moya, Troncoso, Sepúlveda, Cárcamo, Gutiérrez, 2016; Tascon et al., 2016).

La presente investigación surge al alero de la discusión propuesta por los trabajos del norte semiárido (NSA) sobre la tecnología de las pinturas rupestres. En esta región, se ha reconocido una tradición de pinturas en contextos de cazadores recolectores siendo las más antiguas fechadas alrededor del 3000 BCE (Moya-Cañoles et al., 2021). Los estudios arqueométricos en diversos sitios arqueológicos han evidenciado inconvenientes al intentar ajustar los resultados a los conceptos de recetas y *pots*, ya que, la asociación directa tiende a pasar por alto otros aspectos que exceden al de estilo tecnológico los cuales podrían explicar la variabilidad tecnológica de las pinturas reconocidas en la región (Moya, 2016).

El enfoque de estos estudios se caracteriza por situar los resultados en contextos arqueológicos territorial e históricamente específicos que distan de los contextos en que se emplazan las cuevas paleolíticas francesas desde donde surgen y se han aplicado estas apreciaciones teóricas, las que han llevado a establecer cronologías de las pinturas paleolíticas a través aspectos estilísticos (Chalmin et al., 2004; Chalmin & Vignaud, 2003; Clottes et al., 1990; Menu & Walter, 1992; Vignaud et al., 2006).

En base a lo anterior, y sumado a la falta de parámetros arqueométricos que sirvan como insumos metodológicos para discutir sobre los procesos de producción de las pinturas,

surge el objetivo de problematizar sobre la visibilidad que tienen las prácticas tecnológicas en los resultados arqueométricos.

Para una mejor comprensión de esta investigación en el capítulo de antecedentes se exponen y problematizan los antecedentes de la historia de la investigación de la tecnología en pinturas rupestres. En este se presentan trabajos de diferentes contextos arqueológicos comenzando con los estudios pioneros de la escuela francesa mencionados anteriormente para luego contextualizar los avances de la investigación en Sudamérica y Chile, particularmente los estudios de norte semi árido desde donde surge esta investigación.

En el capítulo 3 se detallan los objetivos de la investigación siendo el general: evaluar la visibilidad de las prácticas tecnológicas a partir de pinturas experimentales. Para ello en el apartado 4 presentamos una caracterización de las técnicas o prácticas tecnológicas propuestas en el proceso de producción de pinturas rupestres, así como también los principales conceptos que permiten abordar teórica y metodológicamente su manufactura. Entre estos el concepto de cadena operativa es uno de los principales y de mayor utilidad en esta investigación. Además, ahondamos en los conceptos de recetas, pots de pinturas y mezclas pigmentarias para discutir posteriormente la definición de pintura.

Para abordar nuestros objetivos, en el capítulo 5 se expone una metodología que propone diferentes escalas de análisis para explorar la visibilidad de las prácticas tecnológicas.

El primer objetivo fue crear una metodología experimental que combinara las principales materias primas propuestas y discutidas en las investigaciones, debido a las dificultades que presenta su visibilidad desde un punto de vista arqueométrico. Además, se considera que las pinturas rupestres como toda materialidad se encuentran atravesadas por procesos tafonómicos que las alteran y dificultan su interpretación.

En base al protocolo experimental se generaron 108 pinturas a partir de cadenas operativas en las que se combinaron dos tipos de pigmentos, cuatro cargas, tres tipos de aglutinantes y dos técnicas de aplicación, la digital y el pincel. Tanto pigmentos como algunas cargas se sometieron a distintos procesamientos como la molienda, el raspado y tamizado.

Para evaluar la visibilidad de las prácticas tecnológicas a partir de las mezclas experimentales las muestras se analizaron en dos fases complementarias, la microscopía óptica y la microscopía electrónica de barrido. Para sostener una coherencia metodológica y comparativa se siguió la metodología de observación que se ha utilizado para el análisis de pinturas rupestres en la región y los protocolos que se han propuesto para la extracción de muestras de pinturas arqueológicas (Sepúlveda, 2016; Wachowak, 2004). Por otra parte, en este apartado también se exponen y detallan los indicadores que se utilizaron en la observación de las mezclas pigmentarias en ambas fases.

El análisis y los resultados de las fases propuestas en la metodología se exponen en el capítulo 6. A partir de la experimentación y el análisis de la microscopía óptica los resultados

evidenciaron una variabilidad de los componentes de las mezclas pigmentarias. Mientras que, a escala de los análisis elementales no se registraron diferencias sustanciales entre los tipos de procesamiento de los pigmentos y sólo se identificó una de las cargas utilizadas.

En el capítulo 7 proponemos para la discusión de los resultados una aproximación más integrada del concepto de práctica tecnológica problematizando los conceptos de la tradición francesa con su énfasis en los estilos tecnológicos (Dietler & Herbich, 1998; Dobres & Hoffman, 1994; Lemonnier, 1986, 1992; Pfaffenberger, 1992). Por otra parte, proponemos el entendimiento de la producción de las pinturas integrando la reflexividad de la agencia humana (Dietler & Herbich, 1998), los factores económicos involucrados en su manufactura (Fiore, 2007, 2018) y los contextos históricamente específicos de su producción (Gheco et al. 2021) planteando una perspectiva más dinámica de las complejidades que reviste la producción de las pinturas a través del concepto de mezcla pigmentaria (Gheco et al., 2013).

A partir de la discusión, en el capítulo 8 se exponen las reflexiones finales de la presente investigación. Entre estas destacan que la homogeneidad de las mezclas no responde a las prácticas tecnológicas ejecutadas en la experimentación por lo que proponemos, entre otros aspectos, que los resultados arqueométricos no permitirían evidenciar ciertas dimensiones de las pinturas, lo que confirma la complejidad de visibilizar la intención humana.

Esta investigación se realizó en el marco del proyecto Fondecyt 1200276 y se planteó como una primera aproximación al conocimiento de las prácticas tecnológicas a través de un estudio experimental, cuya aplicación ha surtido resultados beneficiosos en otras investigaciones de pinturas rupestres. Así, este trabajo constituye un piloto para evaluar la utilización de este método con miras a ampliar el conocimiento sobre los procesos de producción de las pinturas tanto en la región como en otros contextos arqueológicos.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 La investigación de la tecnología en pinturas rupestres

El registro arqueológico de un conjunto de herramientas con pigmento, junto a fragmentos de ocre en una cueva en Sudáfrica que datan de hace 100.000 años, puede que sea una de las evidencias más antiguas de una cadena operativa de producción de material colorante (D'errico et al., 2014). Este hallazgo aportó en la discusión sobre la relación del uso de pigmento y el surgimiento del pensamiento humano moderno ya que se establece una relación entre el uso del color y los aspectos simbólicos (Chalmin & Huntley, 2017; D'errico et al., 2014; de Balbín Behrmann & González, 2009; Henshilwood et al., 2009; Hodgskiss, 2010; Rifkin, 2012). Probablemente, es debido al énfasis en lo simbólico que en la historia de la investigación del arte rupestre en general se haya abordado principalmente el ámbito visual y temporal, ya que los aspectos tecnológicos son menos visibles (Chalmin & Huntley, 2017; Fiore, 2007; Vergara et al., 2016).

Así, la investigación en general del arte rupestre se concentró principalmente en los contenidos ideológicos y cognitivos de las imágenes (Chalmin & Huntley, 2017; Chalmin & Vignaud, 2003; Fiore, 2007, 2018; Henshilwood et al., 2009; Sepúlveda, 2016, 2021). Según Fiore (2007:149), "esto surge de una lógica que divide las actividades humanas en económicas, políticas e ideológicas y evita reconocer que cualquier actividad humana implica simultáneamente todos estos aspectos". Resultado de esta tendencia es la insuficiente investigación en torno a la dimensión tecnológica del arte rupestre (Fiore, 2007, 2018; Méndez, 2007; Rosina et al., 2013; Sepúlveda, 2011; Valenzuela, 2007; Vergara et al., 2016).

En la historia de la investigación de las pinturas, la preocupación por la dimensión tecnológica fue instalada por estudios franceses, que orientaron sus análisis en la composición material, para evaluar la variabilidad tecnológica de las pinturas paleolíticas de cuevas emblemáticas como Lascaux, Niaux, Altamira entre otras (Chalmin et al., 2004; Chalmin & Vignaud, 2003; Clottes, 1996; Clottes et al., 1990; Menu & Walter, 1992). A partir de las propuestas teóricas de la antropología de la tecnología (Lemonnier, 1986) este conjunto de investigadores estableció que existía un *know-how* en torno a la producción de pinturas, proponiendo que los grupos paleolíticos utilizaron recetas para realizar los diseños, las cuales relacionaron cronológica y culturalmente, utilizando el concepto de estilo tecnológico (Clottes, 1996; Clottes et al., 1990; Menu & Walter, 1992). Posteriormente, propusieron el concepto de *pot* de pintura que corresponde a la mezcla caracterizada microscópicamente por la naturaleza del pigmento, su textura, granulometría y morfología de sus componentes y; cuyo cambio en el tiempo respondería -al igual que las recetas- a elecciones estilísticas (Chalmin et al., 2004; Chalmin & Vignaud, 2003; Vignaud et al., 2006).

Décadas más tarde este interés sobre la dimensión tecnológica de las pinturas rupestres fue abordado por otros grupos de investigación en otras áreas de estudio como la tradición

de pinturas paleolíticas en la zona cantábrica y el sur de África (Bonneau et al., 2012; D'errico et al., 2014; de Balbín Behrmann & González, 2009; Domingo & Chieli, 2021; Garate, 2007; Garate & Menu, 2004; Gómez et al., 2014; López-Montalvo et al., 2017; Reñones, 2016; Rosina et al., 2013). Estas nuevas investigaciones además de ampliar la discusión de la producción de pinturas en otros contextos arqueológicos permitieron abordar nuevas preguntas en relación con la producción, cambio y transformación de las pinturas (Chalmin & Huntley, 2017; de Balbín Behrmann & González, 2009; Gómez et al., 2014; Reñones, 2016; Rosina et al., 2013).

Lo anterior, constituye un salto cualitativo de caracterizar recetas con valor cronológico a inferir procesos, elecciones tecnológicas, disponibilidad de recursos e integrar procesos tafonómicos para explicar la variabilidad de las pinturas rupestres (Garate & Menu, 2004; Gómez et al., 2014; López-Montalvo et al., 2017; Rosina et al., 2013). Una de las discusiones que surgieron de estas nuevas investigaciones fue la presencia de otros minerales asociados a los pigmentos de las pinturas, poniendo en cuestión la intencionalidad de éstos en los procesos de producción (de Balbín Behrmann & González, 2009; Garate & Menu, 2004). Este escenario estuvo condicionado por el acceso de la arqueología a una serie de técnicas fisicoquímicas enmarcadas en el desarrollo de la arqueometría, intensificando la identificación y caracterización de las materias primas de las pinturas (Chalmin & Huntley, 2017).

En conjunto ambos enfoques de investigación instalaron fundamentos teórico-metodológicos que han servido de base para el estudio de las pinturas rupestres. Desde una perspectiva teórica estas investigaciones han sustentado que las pinturas, como parte de la cultura material de un grupo social, son portadoras de una serie de aspectos tecnológicos, implícitos en el concepto de cadena operativa (Aschero, 1988; Chalmin et al., 2004; Chalmin & Huntley, 2017; Chalmin & Vignaud, 2003; de Balbín Behrmann & González, 2009; Lewis-Williams, 1995). Desde esta perspectiva, la tecnología permitiría discriminar una serie de prácticas sociales, ya que la producción material no es un proceso aislado, sino que está inmersa en los principios culturales de quienes la producen (Lewis-Williams, 1995; Vergara et al., 2016). En este sentido, el estudio de las cadenas operativas ha cambiado el enfoque de responder el porqué de las pinturas a responder el cómo de la producción de éstas.

Desde una perspectiva metodológica, estas investigaciones al caracterizar la composición y la naturaleza de las materias primas han mostrado la riqueza de los enfoques analíticos desde la arqueometría. Al utilizar técnicas de otras disciplinas han permitido complementar la información macroscópica haciendo visible aquello que las pinturas no informan a simple vista (Sepúlveda, 2021). El foco principal de análisis ha sido el uso coordinado de la espectroscopía Raman para la identificación de pigmentos, la microscopía electrónica de barrido acoplada a un detector por dispersión de energía de rayos-X (SEM-EDS) para la caracterización elemental y la difracción de rayos X para la identificación mineralógica. Hoy existe una mayor combinación de métodos incluyendo aquellos que permiten identificar

componentes orgánicos, aunque son los menos utilizados (de Balbín Behrmann & González, 2009; Sepúlveda, 2021).

## 2.2 Investigaciones de pinturas rupestres en Sudamérica

A escala regional, en Sudamérica, a principios de la década del 2000 comienzan a hacerse más frecuente las investigaciones arqueométricas principalmente en Argentina (Boschín et al., 2002; Vázquez et al., 2008; Wainwright et al., 2000, 2002) donde también cabe destacar se registraron las investigaciones pioneras en arqueometría (Gradín, 1977). Estas caracterizaron la composición de las pinturas principalmente de la Patagonia a partir de la identificación de los pigmentos. Posteriormente, varios equipos de investigación principalmente de Argentina y Chile incorporaron y variaron las técnicas empleadas, lo que permitió profundizar el conocimiento de las pinturas y pigmentos, tanto desde el punto de vista tecnológico como de las posibles prácticas sociales asociadas a su contexto de producción (Gheco et al., 2013; López; de la Fuente; Fiore, 2011; Moya, 2015; Moya et al., 2016; Quesada; Gheco, 2015; Sepúlveda, 2009, 2011; Sepúlveda et al., 2013; Wright, 2010). Estos estudios mostraron que existen diferencias en la complejidad de su producción, reconociendo variabilidad en sus composiciones químicas, diferencias que se han identificado en sitios del norte grande, norte semiárido y Patagonia, tanto en términos sincrónicos como diacrónicos (Sepúlveda, 2009, 2011; Sepúlveda, et al. 2013, Moya, 2015, 2016).

En Chile, se propusieron nuevas alternativas interpretativas para abordar la variabilidad de las pinturas como el desplazamiento de los grupos para la obtención de pigmentos (Sepúlveda et al., 2013), el reconocimiento de *recetas* de pintura como indicador de intencionalidad estilística (Sepúlveda, 2011), un uso diferencial de métodos de aplicación (Sepúlveda, 2011, Cordero et al. 2013), propuestas cronológicas y dataciones directas a partir de su composición (Moya et al., 2016; Moya, 2015; Troncoso et al., 2017).

En Argentina el proceso investigativo estuvo mediado por una reevaluación teórica y metodológica al proponer cadenas específicas para el estudio del arte rupestre (Aschero, 1988; Fiore, 2007a). Estas propuestas cambiaron a nivel regional la investigación de las pinturas al pensarlas como un artefacto visual que implica gestos y decisiones tecnológicas particulares (Aschero, 1988). Por otra parte, se ajustó el concepto de receta propuesta por las investigaciones, al de mezclas pigmentarias, el cual hace referencia a que la preparación de una pintura es un evento único y singular (Gheco et al., 2013a). A través de este concepto las investigaciones pusieron énfasis en la naturaleza heterogénea de las mezclas pigmentarias, en las superposiciones y en definitiva en la historia de las prácticas de pintado, que construyen los diferentes contextos de arte rupestre (Gheco; Gestaldi; Quesada.; Mastrangelo; Poliszuk A; y Burgos 2015; Gheco et al., 2013b; Quesada M; Gheco L, 2015b). Así también, se incorporaron los procesos de degradación de las pinturas como parte de su variabilidad (Basile et al., 2012; Quesada & Gheco, 2015; Tascon et al., 2016).

Las investigaciones más recientes en ambos territorios con miras a precisar la heterogeneidad y la información condensada en las pinturas intensificaron los análisis micro estratigráficos (Gheco et al., 2015, 2019, 2020; Moya, 2016; Moya-Cañoles et al., 2021; Sepúlveda, 2016; Tascon et al., 2016). Esta metodología ha permitido en general identificar los diferentes estratos o capas de pintura, así como también agentes externos que pudieran afectar su conservación (Sepúlveda, 2021). En términos específicos la micro estratigrafía ha permitido también aportar a la discusión cronológica de pinturas rupestres, ya que en ocasiones ha permitido dataciones radiocarbónicas a través de las capas de hollín identificadas (Gheco et al., 2019; Moya-Cañoles et al., 2021; Tascon et al., 2016).

Estas nuevas evidencias a partir de la integración de la arqueometría han aportado nuevos antecedentes a la tecnología de las pinturas rupestres en algunos contextos arqueológicos del cono sur, a su vez, estos análisis fisicoquímicos también han abierto nuevas preguntas de investigación sobre la preparación de las pinturas. Se ha propuesto que una intensificación en la caracterización de los minerales como su textura, morfología y distribución entre otros aspectos, podría contribuir a determinar procesos tecnológicos en la preparación de las pinturas como la molienda de pigmentos, el uso de cargas y su intencionalidad, los modos de aplicación, el color y la incidencia de los procesos tafonómicos, entre otras preguntas que aún se discuten (Ahets & Burgos, 2018; Gheco et al., 2020; Landino, 2020; Moya-Cañoles et al., 2021; Sepúlveda, 2021).

### **2.3 Estudios arqueométricos en las pinturas en el Norte Semiárido**

En el Norte Semiárido (NSA) de Chile se han desarrollado parte de las investigaciones que se han preguntado por la tecnología de las pinturas rupestres, (Cordero & Moya, 2015; Moya, 2015, 2016; Moya et al., 2016; Moya-Cañoles et al., 2021; Troncoso, Moya, et al., 2017). En la cuenca hidrográfica del río Limarí, los fechados radiocarbónicos junto a las asociaciones estratigráficas de los sitios, posicionan a las pinturas rupestres como la expresión de arte rupestre más temprana de la zona (Troncoso et al., 2018; Troncoso, Moya, et al., 2017). Lo anterior, ha llevado a proponer una tradición de pinturas rupestres en contextos de cazadores recolectores desde el Holoceno Tardío Inicial hasta periodos de contacto europeo, siglo XVI, siendo las más antiguas fechadas alrededor del 3000 BCE (Moya-Cañoles et al., 2021; Troncoso et al., 2016, 2018; Troncoso, Moya, et al., 2017).

A diferencia de otros contextos arqueológicos con pinturas rupestres como las cuevas paleolíticas de Francia o la tradición de pinturas en Patagonia, las investigaciones en el NSA se han enfrentado a dos escenarios, la baja conservación de las pinturas y una alta presencia de motivos no figurativos y manchas (Moya, 2015, 2016; Troncoso et al., 2016), por lo que la caracterización estilística a través de atributos formales ha debido ser repensada. Las investigaciones han visto una ventaja investigativa innovando metodológicamente y utilizando la arqueometría para abordar la variabilidad tecnológica de las pinturas y su cronología, incluyendo la datación (Moya, 2015, 2016; Troncoso et al., 2016; Troncoso, Moya, et al., 2017). Asimismo, se ha servido teóricamente considerando que en la elaboración de una pintura operan una serie de decisiones y prácticas

tecnológicas que pueden estar mediadas por un carácter social, identitario y territorial (Troncoso et al., 2016, 2018).

Las investigaciones se han centrado en la identificación de los componentes como primer paso para caracterizar las mezclas pigmentarias utilizando la espectroscopia Raman, SEM-EDS y un equipo de Fluorescencia de Rayos X portátil (pXRF). Esto ha permitido explorar las decisiones tecnológicas y el *know-how* como la preferencia por ciertos pigmentos minerales y colores (Moya, 2015, 2016; Moya et al., 2016; Troncoso, Moya, et al., 2017). Al mismo tiempo, permitió vislumbrar que la variabilidad de elementos registrados podría reflejar distintas operaciones técnicas más que recetas, por lo que las preguntas debían ampliarse hacia las prácticas tecnológicas detrás de la producción y uso de los materiales (Moya, 2015, 2016). Coincidentemente con lo registrado en las investigaciones trasandinas, la presencia de una variedad de elementos hace que persistan las preguntas con respecto a la intencionalidad de las mezclas pigmentarias (Gheco et al., 2020; Moya, 2016; Moya-Cañoles et al., 2021; Sepúlveda, 2009, 2021).

Las últimas investigaciones en el NSA, en el marco del proyecto Fondecyt, 1150776, en lo que respecta a las pinturas avanzó hacia reconstrucción de la historicidad de los sitios con arte rupestre que se encuentran al interior de la zona del interfluvio (Moya-Cañoles et al., 2021). No obstante, las investigaciones efectuadas hasta la fecha no han podido discriminar las prácticas tecnológicas de aquellos atributos químicos y minerales de las pinturas que responden a la variabilidad natural de las materias primas utilizadas. Para ello aun es fundamental esclarecer aspectos metodológicos que permitan aproximarnos a las prácticas tecnológicas detrás de la producción y uso de los materiales involucrados.

A partir de lo anterior, este trabajo se propuso estudiar los elementos subyacentes en la producción de las pinturas para abordar las operaciones técnicas involucradas en su manufactura. En este sentido, proponemos que el problema central es que metodológicamente la diferenciación e identificación de estas operaciones técnicas continúan siendo difíciles de precisar porque atributos microscópicos de las pinturas rupestres han sido escasamente estudiados para abordar su tecnología (Gheco et al., 2020; Moya, 2016; Sepúlveda, 2021) dejando abierta la discusión sobre si se trataría de operaciones técnicas o atributos propios de la naturaleza de las materias primas. Por ello proponemos un estudio que permita abordar las prácticas tecnológicas con el fin de evaluar su visibilidad desde una perspectiva arqueométrica.

#### **2.4 La arqueología experimental y pinturas rupestres.**

Una de las vías que se ha propuesto para superar estos enclaves metodológicos en la producción de pinturas son los estudios experimentales, los cuales se proponen como un buen complemento para validar los análisis fisicoquímicos y ayudar como otra línea de evidencia la comprensión de las pinturas del pasado (Domingo & Chieli, 2021; Gheco et al., 2020; López-Montalvo et al., 2017b; Moya, 2016). Cabe destacar, que los estudios experimentales en arqueología han constituido un método de larga data para abordar



hipótesis de los procesos de la cultura material, sobre todo en aquellos contextos donde la conservación material es baja (Hurcombe, 2008; Reeves, 2010; Reynolds, 1996; Shimada, 2005). En este sentido, la arqueología experimental se torna en un método ad-hoc para estudiar pinturas rupestres con problemas de conservación, donde la cantidad de muestras puede ser escasa o contextos donde existe una baja preservación de los instrumentos utilizados en su producción como los pinceles. De esta manera, la arqueología experimental ha permitido testear algunas de las ideas sobre la producción de arte rupestre como un método no invasivo (Blanco, 2015; Fiore, 2007b).

En particular en relación con las pinturas, figuran escasas investigaciones sobre cadenas operativas, pero las hay relacionadas con operaciones técnicas aisladas. Así se encuentran investigaciones experimentales sobre el tratamiento térmico de los pigmentos (Álvarez, 2012; Pomies et al., 1999), las variaciones de color según la molienda (Marshall et al., 2005), huellas de uso en pigmentos (Henshilwood et al., 2009; Hodgskiss, 2010; Mansur et al., 2007; Martínez, 2007; Rifkin, 2012), utilización de aglutinantes (Álvarez, 2012; Santos da Rosa et al., 2023), uso de otros componentes inorgánicos (Ahets & Burgos, 2018), técnicas de aplicación (Cordero & Moya, 2015; González, 2016; Martínez, 2007), entre otros.

Con respecto a abordar experimentalmente aspectos de la manufactura de una pintura y su visibilidad utilizando técnicas arqueométricas, los estudios trasandinos son los que han aportado más información a la comprensión de la producción de pinturas (Ahets & Burgos, 2018; Blanco, 2015; Landino, 2020). En estas se han abordado técnicas de procesamiento de los pigmentos, modos de aplicación (Blanco, 2015; Cordero & Moya, 2015; Landino, 2020; Mansur et al., 2007), y la utilización de cargas, comparándolas con muestra arqueológicas.

En base a estos antecedentes, esta investigación propone el desarrollo de un programa experimental y un enfoque analítico, dentro del marco conceptual de *cadena operativa*, que permita abordar las prácticas tecnológicas con el fin de evaluar su visibilidad desde una perspectiva arqueométrica.

Esta investigación si bien se basa en los planteamientos e inquietudes de las investigaciones del contexto sudamericano y particularmente del norte semiárido, para aportar a la discusión sobre la variabilidad con que estas se presentan en el registro arqueológico, esperamos que sirva como un insumo metodológico en contextos arqueológicos rupestres de otras áreas.

### **3. OBJETIVOS**

Teniendo en cuenta lo anterior, los objetivos de esta memoria son:

#### **3.1 Objetivo General:**

Evaluar la visibilidad de las prácticas tecnológicas en la producción de las pinturas rupestres a partir de la arqueología experimental.

#### **3.2 Objetivos Específicos:**

1. Evaluar la visibilidad de las técnicas de preparación de las pinturas experimentales.
2. Evaluar la visibilidad de las técnicas de aplicación de las pinturas experimentales.
3. Definir indicadores que permitan caracterizar las prácticas tecnológicas en la elaboración de las pinturas.

### **4. MARCO TEORICO**

#### **4.1 Hacia una conceptualización del proceso pictórico.**

El marco teórico en el que basamos nuestra investigación aboga por la noción de que la dimensión tecnológica en los estudios de arte rupestre constituye una dimensión valiosa para abordar su complejidad como producto de la cultura material. Es por ello por lo que construimos el concepto de práctica tecnológica valiéndonos de algunos preceptos de la antropología de la tecnología que nos permitieran abordar las prácticas asociadas a la producción de pinturas rupestres como un concepto en que se pueden conjugar factores técnicos, sociales, económicos e ideológicos entre otros. Para ello integramos el concepto de cadena operativa que nos permitiera operacionalizar la producción de las pinturas y la teoría de la práctica para abordar las transformaciones de la cultura material a partir de la agencia humana.

##### **4.1.1. Prácticas Tecnológicas**

Desde el surgimiento de la antropología de la tecnología, los estudios arqueológicos dieron un salto cualitativo entre la descripción de los aspectos formales de los objetos a un entendimiento de los procesos tecnológicos de las sociedades en las que se desarrollaron (Dobres & Hoffman, 1994; Lemonnier, 1986; Pfaffenberger, 1992). A través de los estudios etnoarqueológicos, plantearon que las elecciones significativas que hacen los grupos sociales se pueden discernir en aspectos de la tecnología, ya que las técnicas no están mediadas tan solo por “criterios” materiales-funcionales sino que son fenómenos sociales en sí mismos (Lemonnier, 1986, 1992), ya que se encuentran imbuidas y condicionadas por relaciones sociales y prácticas culturales y este hecho ofrecería el entendimiento de la compleja relación entre la sociedad y la cultura material (Dietler & Herbich, 1998).

En términos teórico-metodológicos para abordar materialmente las técnicas, la antropología de la tecnología se sirvió de un marco teórico que sigue siendo indispensable para examinar la naturaleza de las transformaciones de la cultura material, el de cadena operativa o *chaîne opératoire* de Leroi-Gourhan (1964). Esta se define como una secuencia de operaciones técnicas implicadas en toda producción cultural y las estrategias utilizadas para la transformación de las materias primas. Ella incluye las etapas de adquisición de recursos, fabricación de productos, mantenimiento y / o reciclaje, donde cada una de estas etapas contiene a su vez una serie de operaciones (Leroi- Gourhan, 1964). Estas operaciones implican simultáneamente conocimiento mental y práctico, ambos incorporados en los *gestos técnicos*, que mueven los objetos empleados en una acción tecnológica (Lemonnier, 1992). Tal perspectiva teórica además de considerar los aspectos cognitivos involucrados en la manipulación y producción de objetos permite organizar estos gestos en secuencias haciendo posible abordar cualquier proceso tecnológico (Dietler & Herbich, 1998). Desde la antropología de la tecnología se plantea además que ninguna cadena operativa es estática, sino que es posible tener opciones en todos los estados de la producción (Dietler & Herbich, 1998).

Según Pfaffenberger (1992) la tecnología no sólo puede ser percibida desde un conjunto de técnicas, sino que su entendimiento puede ser posible al conjugarse con otras dimensiones esenciales de la actividad humana que permiten comprender la cultura material. En este sentido, para el autor las esenciales corresponden a las técnicas, el sistema sociotécnico y la coordinación social del trabajo (Pfaffenberger, 1992). Desde este punto de vista, entenderemos tecnología como un sistema en el que se conjugan los recursos materiales, herramientas, secuencias operativas, conocimiento y habilidades (técnicas), la cultura material y los modos específicos de coordinación social del trabajo que entran en juego en la elaboración de cualquier artefacto (Lemonnier, 1986, 1992; Pfaffenberger, 1992). En este sentido, el autor plantea que la existencia de un sistema sociotécnico no implica que sea el único sistema lógico, sino que es único en la medida en que se desarrolló bajo ciertas circunstancias, elecciones sociales, técnicas, necesidades y aspiraciones definidas socialmente, por lo que cada actividad tecnológica es distintiva de un grupo cultural (Pfaffenberger, 1992).

Esta perspectiva social de la tecnología se basó en una reevaluación de la teoría empleada en la interpretación y en la adquisición de datos tecnológicos hacia una centrada en la agencia humana (Dietler & Herbich, 1998; Dobres & Hoffman, 1994). En general, los estudios tecnológicos han estado determinados por el uso del estilo como la herramienta analítica que permite encontrar continuidades y discontinuidades en el registro arqueológico y responder preguntas sobre la distribución espacial y temporal y las cualidades de las prácticas culturales (Domingo, Fiore & May, 2014).

En esta investigación incluimos en la práctica tecnológica la naturaleza reflexiva de la acción social que ofrece la teoría de la práctica de Bourdieu (1977) como parte de la mediación entre el estilo tecnológico y la agencia humana (Dobres & Hoffman, 1994). En

términos sintéticos postula que las personas no siguen inconscientemente reglas sociales fijas ni tampoco están "regidos" por restricciones materiales y ambientales (estructura) (*sensu* Bourdieu 1977 en Dobres & Hoffman, 1994) , sino que una acción tecnológica es una comprensión mediada de cómo proceder bajo condiciones particulares (agencia) (Dobres & Hoffman, 1994). A partir de lo anterior, esta teoría sitúa la práctica en contextos específicos y dentro de condiciones culturalmente definidas en la que las personas racionalizan sus acciones y también pueden actuar estratégicamente (Dobres & Hoffman, 1994).

A partir de estos postulados teóricos y metodológicos para abordar el proceso pictórico entenderemos que las prácticas tecnológicas se encuentran imbuidas en un proceso técnico, que está definido por tres elementos centrales: *las técnicas* (material, herramientas que se usan para actuar sobre la materia), *gestos técnicos* (acciones u operaciones que mueven los objetos involucrados en una acción tecnológica), *conocimiento específico* ("saber-hacer" o "habilidad manual") (Lemonnier, 1986, 1992; Pfaffenberger, 1992). Estos elementos mencionados que intervienen en la creación del arte rupestre pueden ser recopilados en fases sucesivas ordenadas en el concepto de *cadena operativa* en las que se pueden realizar diversas elecciones tecnológicas determinadas por aspectos económicos, sociales e ideológicos (Fiore, 2007, 2018). Por ende, cada práctica tecnológica debe ser entendida desde su *contexto específico*, *escala* y la reflexividad social. Estos factores tomados en conjunto pueden generar una descripción más rica de la variabilidad tecnológica encontrada en el registro arqueológico (Dobres & Hoffman, 1994)

En relación con las prácticas tecnológicas involucradas particularmente en la creación de arte rupestre, Fiore (2007, 2018) hace un énfasis en los aspectos económicos de la producción del arte parietal para acercarnos a la variabilidad tecnológica del arte rupestre ya que la economía no se encuentra dissociada de las dimensiones sociales (político e ideológicas) por lo que permite como cualquier otra actividad humana acercarnos a la dimensión sociocultural de las elecciones tecnológicas (Fiore, 2007). En relación con las pinturas estos factores económicos podrían radicar en la disponibilidad pigmentos, de las herramientas y el acceso a los soportes rocosos. Por lo tanto, esta noción económica permite explorar las condiciones bajo las cuales las prácticas tecnológicas han continuado y/o cambiado en el espacio-tiempo (Fiore, 2018).

#### 4.1.2 ¿Qué es una pintura?

Para abordar materialmente las prácticas tecnológicas de la producción de las pinturas, nos basaremos en dos aspectos claves: los procesos técnicos involucrados y la composición material, es decir, las materias primas que se conjugan en su producción.

Para ello esta investigación se basa en el modelo de secuencia productiva realizado por Fiore específicamente para el arte rupestre (Fiore, 2007, 2018). En su propuesta todo arte rupestre se puede abordar analíticamente, a través de un modelo integrado por tres

cadena operativa que corresponden a la producción de artefactos, la producción de pintura y la producción de imágenes. En esta investigación nos centraremos en la cadena operativa de producción de pintura. Esta contempla (a) la adquisición y selección de materias primas incluyendo el soporte (b) la producción y uso de herramientas y pinturas en la producción de imágenes (c) el mantenimiento/reutilización de imágenes (d) el almacenamiento potencial de herramientas y pigmentos/pinturas, entre otras (Aschero, 1988; Fiore, 2018). El mantenimiento, reutilización y almacenamiento no se incluyen en esta investigación.

Por otra parte Fiore propone que cada elección que se hace en esta cadena operativa tiene su reflejo material en las pinturas y estas pueden ser identificadas en lo que Fiore define como prestaciones tecno-visuales que se refieren a características visuales (p. ej., formas, tamaños, colores, texturas, etc.) que se derivan directamente de las técnicas de creación de imágenes (p. ej., pintura con pincel de un solo trazo) y materiales (p. ej., receta de pintura), que pueden permitir formas particulares de creación y expresión por parte de los artistas (Fiore, 2018, 2020).

Con relación a la composición material de las pinturas rupestres, existe en general un consenso que una pintura, en teoría, estaría conformada por elementos esenciales: pigmento, una carga y un aglutinante, siendo el pigmento el indispensable (Couraud, 1987; Chalmin & Huntley, 2017; Clottes et al., 1990; Sepúlveda, 2021). Sin embargo, en la práctica la presencia de los elementos tales como la carga y los aglutinantes han sido discutidos. Las cargas por la intencionalidad de su presencia y los aglutinantes por los problemas de conservación (Chalmin et al., 2017; Chalmin & Huntley, 2017; de Balbín Behrmann & González, 2009). Con el avance del uso de la arqueometría, la discusión ha prosperado sobre si las diferencias en la composición fisicoquímica de las pinturas responden a prácticas tecnológicas distintas que reflejan diferentes tipos de producción o a cualidades de las materias primas, procesos tafonómicos, lugares de procedencia entre otros aspectos más que a parámetros estilísticos (Chalmin & Huntley, 2017; Clottes et al., 1990; de Balbín Behrmann & González, 2009).

A partir de lo anterior, surgen tres conceptos claves necesarios de abordar para nutrir la discusión sobre las prácticas tecnológicas. Estos corresponden a (1) receta, (2) *pot* de pintura y (3) mezcla pigmentaria. Como mencionamos en un inicio el concepto de receta de pintura fue establecido por la tradición francesa en que se identificaron que las pinturas rupestres estaban compuestas de pigmentos, cargas, solventes específicos, que, caracterizadas fisicoquímicamente, se asociaron a diferentes motivos y periodos, otorgándoles un valor estilístico y cronológico (Clottes, 1996; Clottes et al., 1990).

El concepto de *pots* de pintura, hace referencia a que cada pintura también se puede identificar por la naturaleza del pigmento, tamaño, textura, morfología de grano e impurezas asociadas ya que dependen del lugar de procedencia (Chalmin & Vignaud, 2003). Al igual que la receta también tiene un valor cronológico y estilístico en la medida que cambia con el tiempo. En este concepto cobran relevancia las cargas, cuya presencia se podría explicar

según la procedencia de los pigmentos, y no necesariamente a la intencionalidad de cada pintor por añadirla (de Balbín Behrmann & González, 2009).

El concepto de mezcla pigmentaria, instalado por las investigaciones trasandinas, toma ambos conceptos y agrega las implicancias históricas (Gheco et al., 2013). Los autores proponen que cada mezcla corresponde a un evento único de preparación de pintura, por que ocurre en un momento y tiempo determinado, para la creación de un número determinado de pinturas. Debido a este carácter único “su composición química será diferente, al menos conceptualmente, de toda otra mezcla, incluso si se utilizaran los mismos materiales” (Gheco et al., 2013, p.359). En esta investigación, usamos el concepto de mezclas pigmentarias para las referirnos a las pinturas experimentales, ya que pensamos que aborda de manera más completa la complejidad de su particularidad.

Debido a que trabajamos con cada uno de los componentes de una pintura, exponemos algunas consideraciones que nos permitieron observar, analizar y discutir las materias primas que utilizamos. Lo anterior permitió indagar en las técnicas de preparación a partir de los aspectos morfológicos y químicos de las mezclas de pigmentarias experimentales. A continuación, se presentan algunas de las principales características que definen las materias primas utilizadas.

#### a. Pigmentos

Los pigmentos corresponden a la materia prima que les otorgaría el color a las pinturas. Los más frecuentes dentro de la paleta cromática de arte rupestre son los pigmentos inorgánicos ricos en óxidos de hierro, de colores rojizos y amarillos, entre los cuales la hematita se ha considerado el pigmento por excelencia (Chalmin & Huntley, 2017; de Balbín Behrmann & González, 2009). Esta se encuentra en estado natural en forma de aglomerados de pequeños cristales rojos, es de frágil tenacidad, lo que facilita su pulverizado y, en consecuencia, su uso como pigmento (Cortell, 2016). La hematita considerada como pura, generalmente contiene 10 a 20% de cuarzo con algunos minerales de arcilla (Chalmin et al., 2004; Chalmin & Huntley, 2017). Otro tipo de pigmento lo constituyen los ocre minerales o “tierra de color” (Chalmin & Huntley, 2017). Estos se utilizaron para denominar de manera general el material colorante de tonos rojizos, están compuestas principalmente de óxido de hierro compactado por arcillas y/o arenas, aunque es también posible encontrar otros elementos compactados, como materia orgánica, cuarzos u óxidos de manganeso, aunque las proporciones de los elementos mencionados aún no han podido ser definidas con claridad (Cortell, 2016). Con mayor frecuencia adquiere tonalidades naturales de amarillo a rojo y marrones dependiendo del mineral que lo compone (Hradil et al., 2003). Dentro de las otras tonalidades mayormente registradas existen los pigmentos negros que pueden ser de óxidos de manganeso o carbón puro y los de color blanco que se han identificado manufacturados con yeso o calcio (Chalmin & Huntley, 2017).

## b. Cargas

Estas corresponden a las materias primas anexas o secundarias en la identificación de los pigmentos. Se ha plateado según su presencia y densidad que estas mejorarían la consistencia general de las pinturas (Chalmin & Huntley, 2017). En éstas han sido identificadas arcillas, yeso, calcita, cuarzo, hueso, talco, feldespatos potásicos, entre otros (Ahets & Burgos, 2018; Chalmin & Huntley, 2017; de Balbín Behrmann & González, 2009; Garate, 2007; Gheco et al., 2013; Rosina et al., 2013; Sepúlveda, 2009, 2016, 2021).

Como planteamos anteriormente las primeras investigaciones dieron fuerza a la idea de que estos compuestos se trataban de una adición intencional utilizada para mejorar las propiedades adhesivas, la densidad y la fluidez de las pinturas o podían corresponder a impurezas de los pigmentos (Chalmin et al., 2004; Clottes, 1996; Clottes et al., 1990; Menu & Walter, 1992; Vignaud et al., 2006). Desde esta perspectiva, el concepto ha sido el más complejo y difícil de analizar debido a la falta de unidad metodológica que permita discriminar entre lo natural y lo intencional de su presencia en las pinturas (Chalmin & Huntley, 2017; de Balbín Behrmann & González, 2009; Sepúlveda, 2011, 2021).

Uno de los problemas que caracteriza la identificación de las cargas son los procesos de degradación que interfieren en la identificación química de los componentes de las pinturas (Chalmin, & Huntley, 2017). Las pinturas expuestas al aire libre se ven afectadas con mayor facilidad al movimiento fluidos a través de los poros de la roca (agua o productos bióticos) que conducen a la acumulación de minerales dentro de los estratos rocosos. Asimismo, las partículas, como el hollín y el polvo ricos en sulfato, carbono, calcio o metales pesados se depositan en la superficie de la roca o pueden disolverse y penetrar más profundamente en esta (Chalmin, & Huntley, 2017). Los productos de alteración (oxalatos y fosfatos) se derivan de la acción biológica de los líquenes y de la mineralización de los excrementos de aves (Gomes, et al., 2014). Estos procesos tafonómicos alteran la composición original de las pinturas y con ello los resultados de los análisis químicos.

## c. Aglutinantes

Estos corresponden a materias primas orgánicas acuosas que se han identificado en las pinturas rupestres y que mejorarían su capacidad adhesiva a los soportes (Chalmin & Huntley, 2017). En los estudios de arte rupestre se han identificado sustancias de naturaleza lipídica procedentes de aceites vegetales, resinas y ceras, así como grasas animales y proteínicas como la caseína (clara de huevo) (Boschín et al., 2002; Domenech, 2010; Mata, 2016; Sepúlveda, 2021; Vandenabeele et al., 2000). Sin embargo, su identificación generalmente ha sido escasa debido a los problemas de conservación de las pinturas (Chalmin & Huntley, 2017; de Balbín Behrmann & González, 2009; Mata, 2016). Es por ello que información se ha complementado con fuentes etnográficas, algunas de las cuales han advertido el uso de medios vegetales y animales tales como savia, carbón, grasa animal, huevo, saliva, entre otros (Fiore, 2020; Chalmin & Huntley, 2017; Mata, 2016). En los estudios de arte y conservación los aglutinantes se han definido como los medios que

proporcionan a los pigmentos las propiedades necesarias para su perdurabilidad, además de facilitar su aplicación y adhesión al soporte (Mata, 2016; Vandenabeele et al., 2000).

#### d. Disolventes

Al igual que los aglutinantes son productos líquidos que permiten una mayor fluidez a las mezclas. Sin embargo, se diferencian ya que el disolvente se evaporaría una vez aplicada la pintura (Reñones, 2016). A nivel experimental, se ha propuesto el agua como el solvente más universal, aunque no existe una base experimental sólida que permita investigarla (Domingo, 2005). Otros trabajos han propuesto que la saliva humana podría haber sido utilizada con mayor frecuencia ya que permite un mayor control en el proceso de elaboración, a diferencia del agua que deja un cerco acuoso en el borde del pigmento (Domingo, 2005; Mata, 2016).

#### e. Procesamientos

En esta investigación serán considerados como parte de las técnicas de preparación de las pinturas y corresponden a la transformación de la materia prima en un producto final manipulable. Para la producción de las pinturas esta transformación puede ser casi inexistente con el uso directo de un pigmento, o puede implicar varios pasos mecánicos o químicos que modifican la estructura de estos (Gómez et al., 2014). Entre los procesos más comunes se consideran los de origen mecánico como el aplastamiento, maceración, tamizado etc. y los de alteración fisicoquímica como el tratamiento térmico (Gómez et al., 2014; Mata, 2016; Reñones, 2016). Particularmente, esta investigación contempla las técnicas de origen mecánico: molienda, raspado y tamizado. Los estudios más frecuentes han sido respecto a la molienda, estos han propuesto que los pigmentos/cargas se muelen hasta conseguir un adecuado/pequeño tamaño de partícula, ya que cuanto más fino es el tamaño del sólido, más desarrolla el color (Hodgskiss, 2010; Mata, 2016). A lo anterior se suma el análisis de huellas de uso de instrumentos líticos posiblemente utilizados en el raspado de los nódulos para la obtención de polvo seco (Mansur et al., 2007).

#### f. Aplicación

Contempla los instrumentos utilizados que influirían en la morfología del trazado de la pintura. Dependerá a su vez de los gestos técnicos como el orden de realización, el sentido del desplazamiento, los repasados o las correcciones (Domingo, 2005; Garate, 2007). La evidencia arqueológica también es limitada. Se piensa que al ser fabricados con material orgánico los instrumentos desaparecen del registro y/o se descartan (Fiore, 2007). Algunos de los artefactos identificados, en distintas partes del mundo han sido huesos huecos a través de los cuales se sopla pintura, cepillos, pinceles, hisopos y varillas hechas de fibras vegetales o animales, aunque la impresión digital es la que se encuentra más ampliamente registrada (Fiore, 2007).



## 4.2. Arqueología experimental

Debido a que las prácticas tecnológicas planteadas para la producción de las pinturas rupestres han sido poco abordadas de manera práctica, optamos por el uso de la arqueología experimental ya que se ha considerado “un medio para probar la validez de una hipótesis o una idea sobre cómo el comportamiento humano pasado se refleja en los restos físicos que los arqueólogos estudian actualmente” (Carrell, 1992, p.5). Lo anterior, permite poner énfasis en la aclaración de los procesos de manufactura de las pinturas y la interfaz que existe entre el comportamiento humano y la cultura material (Shimada, 2005).

En concreto, optamos por la arqueología experimental ya que se ha planteado como una metodología complementaria a los resultados arqueométricos en el estudio de las prácticas tecnológicas (Moya, 2016, Gheco et al., 2020; Sepúlveda, 2021). Por otra parte, representa un aporte metodológico a los problemas de interpretación de los resultados que surgen debido a la degradación de las pinturas, la ausencia y supervivencia de los artefactos usados y la escasez de evidencia complementaria en los paneles de pinturas (Carrel, 1992; Gheco et al., 2020). Bajo esta perspectiva, la arqueología experimental se puede posicionar como “una herramienta útil para la investigación de parámetros prácticos y conceptuales que han desaparecido del registro arqueológico” (Hurcombe, 2008, p.7).

Ante esto, cabe destacar que “ningún experimento en el mundo contemporáneo puede recrear un mundo social pasado ya que esto se basa en experiencias y cosmovisiones que se aprenden en un entorno cultural específico” (Hurcombe, 2008, p.15). No obstante, según autor los experimentos pueden dilucidar las posibilidades de los actos de “hacer” cultura material en donde la observación personal y las experiencias tienen cabida en la experimentación porque el objetivo a fin es testear una hipótesis más no replicar una intención humana pasada (Hurcombe, 2008). En este sentido, la experimentación nos permite testear las prácticas tecnológicas de las pinturas en su aspecto material más no cognitivo, conjugando materias primas y técnicas específicas, es un medio para probar una hipótesis evitando caer en anacronismos (Reeves, 2010).

En base a lo anterior, Reeves (2010) plantea que la naturaleza del experimento en la arqueología es parte de un estudio antropológico más amplio, históricamente situado, y por lo tanto debe entenderse como tal, concordando con los preceptos de la antropología de la tecnología en la interpretación de las practicas tecnológicas histórica y contextualmente situadas (Dobres & Hoffman, 1994). Para mantener esta visión Reeves (2010) plantea atender tres principios básicos: diferencia, contexto y proceso, que en esta investigación consideramos tanto al momento de la experimentación, la interpretación y discusión en torno al concepto de prácticas tecnológicas.

El principio de diferencia reconoce la brecha entre el presente y el pasado, lo que ayuda a proteger la tendencia anacrónica que pueda proyectarse en el pasado. El contexto permite ubicar el pasado en su configuración apropiada, de modo que pueda entenderse más adecuadamente, ninguna práctica tecnológica se practica en un vacío cultural. Por último, el proceso, así como el contexto, ayudan a crear un marco para comprender el pasado,

pero en un sentido temporal que permite formular las relaciones entre los diferentes eventos. “No importa cuán detallado pueda ser un estudio si los eventos descritos no se ubican en el contexto adecuado de procesos más amplios” (Reeves, 2010, p.30-31).

En términos prácticos, nos ceñimos a los cinco aspectos teórico-metodológicos propuestos por Outram (2008) que deben ser considerados para que el trabajo experimental y así los resultados puedan proporcionar una gama de posibles soluciones para su interpretación. Estos fueron considerados en la elaboración de esta investigación y el protocolo experimental que se expone en el capítulo 5, y se detallan a continuación:

1. Evitar la *falta de objetivos claros*, es decir, la ausencia de hipótesis, supuestos o la claridad de los aspectos arqueológicos específicos que se desean probar. Sin esta claridad, es probable que, simplemente se esté describiendo una actividad práctica y experiencial.
2. Evitar el *detalle insuficiente de materiales y métodos*. Se plantea que, si una experimentación no esboza suficiente información sobre los materiales y métodos, entonces se limita seriamente su utilidad, ya que otros investigadores no tendrán claro qué se ha probado exactamente, y no podrán replicar esos experimentos ni construir sobre ellos.
3. Contemplar los *compromisos sobre materiales auténticos*. Según Outram (2008) la mayoría de los experimentadores se enfrentarán a decisiones difíciles sobre cuándo comprometerse al utilizar materiales (y métodos) más fácilmente disponibles en lugar de utilizar elementos auténticos poco comunes o totalmente no disponibles. La pregunta clave es entonces si el compromiso afectará materialmente la prueba de la hipótesis.
4. Se deben evitar los *parámetros inapropiados*; si bien se pueden llevar a cabo una serie de experimentos con materiales auténticos, los parámetros básicos pueden estar mal configurados para responder la pregunta. Esto sugiere una falta de experiencia que podría ser abordada mediante la realización de estudios piloto.
5. Por último, se debe evitar la *falta de contexto académico*, es decir, se debe a priori integrar el uso de referencias apropiadas a la literatura en que se enmarca el problema arqueológico a resolver, sin las cuales se debilita significativamente el trabajo.

## 5. METODOLOGÍA

Esta investigación se basó en un enfoque analítico que combinó el método experimental con las técnicas de microscopía óptica y electrónica de barrido. Se crearon indicadores cualitativos como parte de nuestros objetivos específicos que permitieran caracterizar las mezclas experimentales y así explorar las prácticas tecnológicas involucradas en su producción. Así esta metodología contempló una primera etapa que correspondió al desarrollo de la experimentación, ceñida a un protocolo, y una segunda etapa que se compone del análisis en laboratorio utilizando la microscopía.

Los resultados de la primera etapa se basaron en la caracterización de las cadenas operativas experimentales, los gestos técnicos asociados y la observación macroscópica de las pinturas en el soporte. Los resultados de la segunda etapa corresponden a la caracterización de las mezclas a partir de lo observado en la microscopía óptica (MO) y los análisis fisicoquímicos obtenidos en el microscopio eléctrico de barrido (SEM-EDS). Los resultados obtenidos en ambas etapas posteriormente fueron discutidos evaluando el alcance metodológico de este enfoque multi analítico.

## 5.1. Programa Experimental

Para la producción de las mezclas experimentales como mencionamos en el capítulo anterior se elaboró un programa en base a las consideraciones teóricas y prácticas que han hecho de la arqueología experimental un método de investigación (Hurcombe, 2008; Reeves, 2010; Shimada, 2005; Outram, 2008). En concordancia con lo propuesto, el siguiente programa experimental contempló los parámetros que permiten testear nuestra hipótesis de investigación. A continuación, se describen cada uno de éstos.

### 5.1.1 Selección y recolección de materias primas

La elección y recolección se basó en la premisa de la arqueología experimental, donde se considera que, la mayoría de las materias primas utilizadas deben corresponder a las que existen o existieron en la región o debería ser lo más pertinente posible con la hipótesis (Outram, 2008). En este programa experimental se seleccionaron materias primas en función de las investigaciones realizadas en los contextos arqueológicos de cazadores-recolectores del Holoceno Tardío en el norte semiárido complementados con otros estudios (Troncoso et al. 2015, Moya, 2015, Moya et. al 2016, 2020). Específicamente las materias primas fueron recolectadas el año 2018 en el marco de los trabajos de prospección y excavación del proyecto Fondecyt 1150776, específicamente en la zona del interfluvio de los ríos Elquí y Limarí en el norte semiárido (ver figura 1). Todas las materias primas recolectadas y utilizadas se encuentran registradas fotográficamente en el anexo I y se describen a continuación.



Figura 1. Ubicación del área de prospección y recolección de materias primas experimentales próximas al Sitio Cumpa. Tierras altas del interfluvio de los ríos Elquí-Limarí, región de Coquimbo.

### a) Pigmentos colorantes

Todas las materias primas proceden del área donde se ubica el sitio arqueológico Cumpa (ver figura 1). El criterio de selección del material colorante se basó en utilizar dos tipos de pigmentos reconocidos en las pinturas rupestres de norte semiárido: hematita y ocre (Moya, 2015, 2016; Troncoso et al., 2016). Cabe destacar que se recolectaron 2 tipos de pigmentos que tuvieran la capacidad de otorgar color a las mezclas y se pudieran distinguir por sus características a simple vista y no por su composición química. Así, se recolectó uno en formato de nódulo, de color rojizo y se rotulo como hematita (véase anexo I). El otro se recolectó como sedimento de color marrón rojizo el cual llamamos ocre. Ambos por su coloración rojiza se consideraron como dos pigmentos que podrían contener óxidos de hierro en diferentes proporciones entre otros componentes (Cortell, 2016; Hradil et al., 2003). Tal como se observa en la figura 2 las fuentes de recolección para ambos pigmentos fueron ubicuas en el área.



Figura 2. Emplazamiento lugar de recolección de materias primas experimentales próximas al sitio Cumpa (a la izquierda) y lugar de recolección de pigmentos (a la derecha), región de Coquimbo.

### b) Cargas

Estas se seleccionaron en la misma área señalada, a partir de los resultados de análisis químicos y mineralógicos realizados en las pinturas rupestres en diversos contextos arqueológicos, las que evidenciaron concentraciones variables de componentes relacionados con los óxidos de hierro entre ellos cuarzo, óxidos de calcio (yeso), aluminosilicatos, entre otros (Chalmin & Huntley, 2017; Chalmin & Vignaud, 2003; de Balbín Behrmann & González, 2009; Moya, 2015, 2016; Moya et al., 2016; Moya-Cañoles et al., 2021; Sepúlveda, 2011). De acuerdo con lo anterior, se seleccionó cuarzo, yeso y arcilla como cargas.

El cuarzo es altamente ubicuo en esta zona, por lo que fue tomado en un sector donde se encontraba más concentrado. El yeso se recolectó de una roca ubicada en el ex lecho de río por lo que la superficie de la roca se encuentra completamente cubierta de este material,

el cual fue raspado con bisturí. La arcilla fue recolectada de un corte expuesto en un talud. Adicionalmente, se integra el carbón como carga cuyo uso es común para la obtención del color negro (Bonneau et al., 2012; Chalmin et al., 2004; Gheco et al., 2019; Moya-Cañoles et al., 2021; Sepúlveda et al., 2013). Este fue recolectado de un pequeño horno carbonífero ubicado en la misma área de recolección del resto de las materias primas. Para ver el proceso de recolección y las materias primas ver el anexo I.

#### b) Aglutinantes

En las pinturas rupestres de Sudamérica se han identificado algunos medios proteicos y lipídicos (Boschín et al., 2002; Moya, 2016; Sepúlveda, 2011; Vázquez et al., 2008). En base a lo anterior se seleccionaron 3 aglutinantes. Un medio proteico accesible como lo es la clara de huevo de gallina y que se ha probado en otros trabajos experimentales (Blanco, 2015). Un medio lipídico, que consistió en grasa de vacuno derretida, y un medio vegetal, resina de algarrobo, ya que el árbol es altamente ubicuo en la zona del interfluvio del Elqui-Limarí y ha sido identificado como un recurso explotado en otros contextos arqueológicos en el norte semiárido (Troncoso, Belmar, et al., 2017).

#### d) Instrumentos

La identificación de artefactos líticos para la molienda y raspado en la obtención de polvo mineral a partir de nódulos se encuentran ampliamente documentada través de las huellas de uso en la arqueología experimental (Hodgskiss, 2010; Mansur et al., 2007; Rifkin, 2012; Watts, 2010). Para el raspado se seleccionó una roca pequeña y afilada, con borde agudo que simulara una lasca y permitiera raspar el nódulo de hematita. Para moler se recolectó una piedra redondeada que permitiera generar polvo colorante más fino a partir del ocre. Sin embargo, debido a que se desprendía parte de la roca al moler, se optó finalmente por un mortero de piedra pulida.

En cuanto a los instrumentos de aplicación las investigaciones experimentales en el norte semiárido observaron que las pinturas podrían estar siendo realizadas mediante tres métodos de aplicación: digital, el uso de hisopos y pinceles, siendo el uso de pincel únicamente el instrumento potencialmente identificable para los motivos figurativos (Cordero & Moya, 2015). No obstante, en la experimentación se utilizó como pincel una rama pequeña no muy seca con extremo plano ya que se descartó la confección de un pincel con fibras animales o vegetales, debido a que su manufactura excedía el alcance de esta investigación. Este tipo de pinceles rudimentarios se ha expuesto en otras investigaciones etnoarqueológicas y experimentales (Martínez, 2007; Santos da Rosa et al., 2023).

#### 5.1.2 Elección de técnicas de preparación

Estas contemplaron principalmente el procesamiento diferencial de las materias primas, centrándonos en los pigmentos, cargas, la añadidura de estas y las técnicas de aplicación.

En esta etapa fue fundamental recurrir a las técnicas que se han planteado en las investigaciones arqueológicas en la producción de las pinturas rupestres y que determinarían las capacidades adhesivas de las pinturas, texturas, consistencia o cobertura de éstas entre otros aspectos (Chalmin & Vignaud, 2003; de Balbín Behrmann & González, 2009; Marshall et al., 2005). A continuación, se describen los seleccionados para la experimentación.

#### a) Procesamiento de pigmentos

Específicamente, en lo que concierne a los pigmentos se ha propuesto según el tamaño de las partículas y la consistencia de las pinturas la molturación, el raspado, decantación y tamizado de los pigmentos minerales (Hodgskiss, 2010; Mansur et al., 2007; Marshall et al., 2005; Rifkin, 2012; Sepúlveda, 2011; Vignaud et al., 2006). En base a lo anterior se determinó el raspado, la molienda y el tamizado de los pigmentos. En relación los procesamientos de cargas y aglutinantes serán expuestos en el capítulo siguiente, ya que se ajustaron a la naturaleza de su materialidad. Además, al no existir investigaciones experimentales que indiquen su procesamiento, estos forman parte de los resultados.

#### b) Aplicación

La aplicación de las mezclas se realizó sobre 4 bloques de roca basáltica recolectados el área. Los soportes presentan texturas irregulares que facilitaron la aplicación de las mezclas. Como se mencionó anteriormente, estas contemplaron la aplicación digital y el uso de un pincel rudimentario. Cada una de las técnicas fue registrada en una base de datos asociada a la mezcla pigmentaria correspondiente, las que fueron rotuladas con una D para digital y una P para el uso de pincel para facilitar su posterior análisis.

#### c) Cadenas operativas

En base a lo anterior se manufacturaron cadenas operativas, combinando las diferentes materias primas y técnicas de preparación, construyendo series de mezclas pigmentarias. Los experimentos se llevaron a cabo en el laboratorio en un ambiente controlado. Se comenzó con la elaboración de combinaciones de pinturas que permitan obtener muestras control para probar su viabilidad y asegurar su comparación. En estas se mezcló el pigmento puro, cada una de las cargas y aglutinantes por separado para luego experimentar el resto las combinaciones entre las distintas materias primas y proporciones de éstas considerando la hematita y el ocre la base de las mezclas. Cada uno de los componentes fue registrado en gramo o mililitros según correspondieran y registrados en una base de datos para asegurar una correcta lectura de los resultados y cumplir el principio de replicabilidad del método experimental. Se consignaron cada una de las combinaciones a modo de “recetario” para lograr un registro sistemático que permita la selección posterior de las muestras a analizar (ver anexo II).



En síntesis, las cadenas operativas incluyeron:

- a) reducción de pigmento hematita a polvo mediante raspado.
- b) reducción de pigmento ocre a polvo mediante molido y tamizado.
- b) adición cargas (arcilla, yeso y cuarzo y carbón).
- c) adición de aglutinantes (clara de huevo, resina de algarrobo, grasa animal).
- d) adición de disolvente (agua).
- e) aplicación de la mezcla digitalmente.
- f) aplicación de la mezcla con pincel rudimentario.

Se generaron dos muestras para cada combinación de materias primas, por lo que en total se generará 108 muestras. Para controlar su variabilidad se generaron 14 muestras de control. Las muestras fueron rotuladas sobre el soporte (ver figura 3), y la nomenclatura interna utilizada fue P para denominar “pintura”, luego su número correlativo (01, 02) y una D o P para denominar la aplicación digital o pincel. Las muestras control, se nombraron con las siglas MC y el número correlativo.



Figura 3. Muestras experimentales rotuladas en soporte (1) de roca basáltica.

## 5.2 Análisis en laboratorio.

El trabajo en laboratorio se llevó a cabo en tres etapas. Primero la extracción de la muestra del soporte y la observación microscópica de las muestras utilizando la Microscopía Óptica. La etapa 2 corresponde a la preparación de las muestras en secciones transversales según el protocolo usado en la elaboración de estas para pinturas rupestres (Moya, 2016; Sepúlveda, 2016; Tascon et al., 2016; Wachowak, 2004) para su posterior análisis en el Microscópico Electrónico de Barrido (SEM-EDS) que corresponde a etapa 3.

### 5.2.1. Microscopía óptica

Las muestras observadas fueron extraídas desde los soportes siguiendo el protocolo de muestreo para pinturas rupestres (Moya, 2015, 2016; Sepúlveda, 2016). En total se tomaron 54 muestras, las cuales se guardaron individualmente en tubos *ependorf*, y fueron

rotuladas con su respectiva nomenclatura. Estas 54 mezclas representan una muestra del universo de cadenas operativas realizadas en la experimentación. Cabe destacar que para tomar las muestras se debió esperar aproximadamente 2 a 3 meses para las pinturas estuvieran secas y consolidadas en el soporte. Las pinturas que demoraron más tiempo en secar fueron las que tenían aglutinante graso.

Para su observación las muestras se depositaron sobre un portaobjetos de manera individual y se observaron con el microscopio metalográfico Leica Zeus utilizando los objetivos 5x, 10x, 20x y 50x, tanto el reverso como el anverso de las muestras. Se fotografiaron con una cámara integrada al microscopio modelo Cannon EOS REBEL T3 por ambos lados. Este protocolo se ha realizado en las muestras de pinturas rupestres con el fin de caracterizarlas inicialmente (Sepúlveda, 2021).

El análisis de las muestras se basó en una descripción de los indicadores que se resumen en la tabla 1 y se detallan a continuación. Cabe destacar que debido a que la falta de investigaciones que aborden los aspectos microscópicos de las pinturas, no se cuenta con una metodología de análisis estandarizada, es por ello que la construcción de estos indicadores se basó en los propuestos por algunas investigaciones para el estudio de la tecnología tanto de pinturas rupestres como obras de arte históricas (Hodgskiss, 2010; Landino, 2020; Marshall et al., 2005; Marte et al., 2013; Mastrangelo & Tascon, 2017; Sepúlveda, 2016; Watts, 2010). También se integraron metodologías de otras materialidades arqueológicas como el estudio de pastas cerámicas (Druc & Chávez, 2014; Whitbread, 1989) y de otras disciplinas como la conservación (Marte et al., 2013).

Las mezclas fueron observadas primero a partir de su composición granulométrica que caracterizó principalmente a los pigmentos utilizados. Esta corresponde a la estructura general de las mezclas determinada por la forma y tamaño de los granos pudiendo ser homogénea o heterogénea (Whitbread, 1989, Sepúlveda, 2016, Landino, 2020; Druc & Chávez, 2014; Bonneau et al., 2012). Una vez precisada la composición de las mezclas estas se clasificaron según su textura, la cual se determinó por la morfología y el tamaño de los granos los que en conjunto les otorgaron texturas finas, medias o gruesas (Druc & Chávez, 2014, Watts, 2010; Landino, 2020; Bonneau et al., 2012). Para la observación de las inclusiones nos basamos en el tamaño y color de los granos observando la presencia o ausencia de partículas discretas mayor a 0.001 mm o 1 micron (Whitbread, 1989) además de su morfología (Marte, et al., 2011, 2013; Druc & Chávez, 2014). La caracterización de las inclusiones se planteó como un indicador para determinar el uso de las cargas añadidas. A partir de ello observamos la densidad con la que se presentaron clasificándola en alta, media o baja pudiendo expresarse en porcentajes tal como muestra la tabla 1. Posteriormente identificamos su distribución al interior de las mezclas las que podían ser aislada, dispersa o acotada (Marte et al, 2013).



<b>Indicadores</b>	<b>Definición</b>	<b>Valores</b>	<b>Referencias</b>
Composición granulométrica de la mezcla	estructura de la muestra a partir del tamaño, distribución y tamaño de los granos	<i>Homogénea, Heterogénea</i>	Whitbread, 1989. Sepúlveda, 2016, Landino, 2020, Druc & Chávez, 2014, Bonneau et al., 2012
Color principal de la matriz	tonalidad general de la muestra	<i>rojizos, anaranjados, burdeos, marrones</i>	Boschin, et. al 2002; Marshal et al, 2005
Textura (porosidad)	describe las irregularidades de la estructura principal según el tamaño y morfología de los granos	<i>Fina, media, gruesa</i>	Druc & Chávez, 2014, Watts, 2010; Landino, 2020, , Bonneau et al., 2012)
<b>Inclusiones (&gt;1 µm)</b>	partículas discretas >0.001 mm en su tamaño, color y forma particulares	<i>Presente, ausente</i>	Whitbread, 1989
Color	color que caracteriza a la inclusión	<i>Cristalinas, negras, blancas, oscuras</i>	
Densidad	abundancia relativa de las partículas discretas (>0.001 mm) señaladas semi cuantitativamente según % de la superficie observable.	<i>Baja (&lt;25%), media (50%), alta (&gt;80%).</i>	Withbread, 1989
Distribución	describe la disposición de las inclusiones dentro de la muestra	<i>Aisladas, acotadas, dispersas, áreas</i>	Marte et al, 2013
Morfología	forma de las partículas discretas en términos de redondez y angulosidad	<i>Angular, Subangular, redondo, sub redondeada, laminar, trozo</i>	Withbread, 1989. Marte, et al 2011, 2013, Druc & Chávez, 2014
Tamaño	agrupa el diámetro (ancho máx) promedio de los granos (inclusiones) medidos en micrones.	<i>Grandes, medianos, pequeños</i>	Druc & Chávez, 2014, Marte, et al, 2011, 2013. Sepúlveda, 2016

Tabla 1. Indicadores y valores para el análisis microscópico de mezclas pigmentarias experimentales.

## 5.2.2 Preparación de muestras

Posterior a la caracterización y fotografías de las muestras se seleccionaron 12 mezclas según las características particulares observadas. Cada una de estas se insertó en un molde acrílico que posteriormente se revistió en una resina epóxica. Una vez seca la resina se pulieron manualmente con lijas Micromesh de grano fino de 1.000 al 12.000mm, hasta alcanzar la superficie de la muestra.

La selección de las 12 secciones transversales constó de 2 muestras control que correspondieron a las mezclas MC01 y MC08. La primera contiene hematita y agua y la

segunda ocre y agua. Las otras 10 se seleccionaron por tipo de pigmento (ocre/hematita) conjugado con las cargas (arcilla, cuarzo, yeso y carbón) y por tipo de aplicación, también se incluyeron algunas según su procesamiento además de presentar características particulares como el color, tamaño y morfología de las inclusiones. La utilización de secciones transversales de las muestras experimentales buscó evaluar la visibilidad de las prácticas tecnológicas a la luz de los resultados expuestos para las muestras arqueológicas de área de estudio del norte semiárido. Por ello, se utilizó la misma metodología de análisis y así obtener muestras comprobables.

### 5.2.3. Microscopía Óptica de las secciones transversales

Al igual que la fase anterior, las 12 secciones transversales fueron observadas con el microscopio metalográfico Zeiss y fotografiadas con el sistema acoplado, utilizando los mismos aumentos 5x, 10x, 20x y 50x. Además, se observaron con filtro de luz reflejada ya que había aspectos que no eran visibles con luz blanca. Este paso resulta fundamental debido a que las imágenes del SEM-EDS son en blanco y negro, por lo que este paso previo permite crear parámetros que facilitan la observación posterior (Sepúlveda, 2016). Esta mirada perpendicular de las muestras permitió corregir las irregularidades de la superficie de pinturas y registrar los aspectos morfológicos más representativos y que podrían otorgar información más acabada sobre las prácticas tecnológicas del conjunto de mezclas. Asimismo, a través de esta observación se exploró la visibilidad de las técnicas de aplicación a través de la propuesta metodológica para secciones transversales (Landino, 2020). Para homogeneizar el análisis y testear su utilidad, la observación y descripción de cada una de las muestras utilizamos los mismos indicadores propuestos en la tabla 1.

### 5.2.4 Microscopía electrónica de barrido

Una vez realizadas las observaciones de los cortes transversales, las muestras fueron analizadas en el microscopio electrónico de barrido (SEM-EDS) operado por un especialista. Se utilizó el microscopio FEI Quanta 250 del Departamento de Geología de la Universidad de Chile. En el mismo laboratorio las muestras se metalizaron previamente con una aleación de oro para mejorar su conductividad y optimizar la captura de imágenes de alta resolución. El análisis se realizó con un voltaje de 20 kV y utilizando una distancia de trabajo de 10 mm.

Los resultados obtenidos se presentan en mapeos o cartografías de los elementos químicos identificados. En algunas muestras se cuantificaron estos elementos químicos y se presentaron en % de peso. Estas medidas porcentuales corresponden a *spot* o *spectrum* en que el láser identifica los elementos presentes en pequeñas áreas o puntos. En los resultados, estas se indican con números cardinales 1, 2 o 3. En las muestras control (MC01 y MC08) al ser referenciales se realizó una mayor cantidad de mediciones. El detalle de estas mediciones se encuentra en el anexo V.

La caracterización de los resultados químicos también se basó en los indicadores propuestos en la tabla 1, además de semi-cuantitativos a partir de los análisis puntuales como la i) presencia/ ausencia de los elementos identificados, iii) densidad de los elementos iii) distribución de los elementos identificados (%).

### **5.3 Color.**

Esta etapa se consideró como una aproximación inicial y exploratoria al color de las muestras. Existen diversos marcos interpretativos para definir un color, ya que principalmente su clasificación es perceptiva (Watts, 2010). En esta investigación se pretendió observar su variabilidad en las diferentes etapas de análisis en función de las materias primas utilizadas y las operaciones técnicas, ya que como revisamos con anterioridad se ha propuesto que la granulometría del pigmento, las cantidades de hierro (Fe) y las concentraciones minerales e incluso el tratamiento térmico pueden interferir en el color de las pinturas (Marshall et al., 2005; Watts, 2010). Sin embargo, como esta investigación contempla varias escalas de análisis intentamos adoptar una metodología que permita caracterizar cada una de ellas y así explorar si el color es indicador adecuado a considerar.

En la experimentación el color se pudo medir comparando las distintas tonalidades de los trazos a través de la utilización del Atlas Munsell (Álvarez, 2012). En la observación microscópica la caracterización del color se realizó distinguiendo tonalidades rojizas, burdeos y marrones, ya que existen variables como la intensidad de la luz, los cambios de aumento en la observación donde la presencia de cristales y las irregularidades de las muestras distorsionan el color. Por lo que se realizaron lineamientos generales en torno al color en función de los pigmentos utilizados y ciertas cargas que fueran determinantes en la coloración de las mezclas.

## **6. RESULTADOS**

### **6.1. Resultados experimentación**

Se obtuvieron 108 mezclas pigmentarias generadas a partir de las prácticas tecnológicas que se resumen en la Tabla 2 y se detallan en el anexo II.

La experimentación se ciñó a un orden en la mezcla de las materias primas, ya que las pruebas de control evidenciaron que el orden de estas altera el producto, sobre todo en aquellas muestras donde existen cambios de temperatura como en el uso de la grasa. A partir de este conocimiento específico, se estableció trabajar primero en seco y luego adicionar los medios acuosos, por lo que se usó el pigmento como base luego se agregaron las cargas, posteriormente los aglutinantes y el agua. Así, siguiendo este orden en las cadenas operativas, y respetando las proporciones planteadas en el protocolo de experimentación, las 108 mezclas pigmentarias fueron viables para ser aplicadas en los soportes.

Código pintura	Pigmento	Técnica experimental de procesamiento	Técnica experimental de aplicación	N de muestras
P01	Hematita	Raspado	Digital, Pincel	2
P02	Hematita	Raspado	Digital, Pincel	2
P03	Hematita	Raspado	Digital, Pincel	2
P04	Hematita	Raspado	Digital, Pincel	2
P05	Hematita	Raspado	Digital, Pincel	2
P06	Hematita	Raspado	Digital, Pincel	2
P07	Hematita	Raspado	Digital, Pincel	2
P08	Hematita	Raspado	Digital, Pincel	2
P09	Hematita	Raspado	Digital, Pincel	2
P10	Ocre	Molido, Tamizado	Digital, Pincel	4
P11	Ocre	Molido, Tamizado	Digital, Pincel	4
P12	Ocre	Molido, Tamizado	Digital, Pincel	4
P13	Ocre	Molido, Tamizado	Digital, Pincel	4
P14	Ocre	Molido, Tamizado	Digital, Pincel	4
P15	Ocre	Molido, Tamizado	Digital, Pincel	4
P16	Ocre	Molido, Tamizado	Digital, Pincel	4
P17	Ocre	Molido, Tamizado	Digital, Pincel	4
P18	Ocre	Molido, Tamizado	Digital, Pincel	4
P19	Hematita	Raspado	Digital, Pincel	2
P20	Hematita	Raspado	Digital, Pincel	2
P21	Hematita	Raspado	Digital, Pincel	2
P22	Hematita	Raspado	Digital, Pincel	2
P23	Hematita	Raspado	Digital, Pincel	2
P24	Hematita	Raspado	Digital, Pincel	2
P25	Hematita	Raspado	Digital, Pincel	2
P26	Hematita	Raspado	Digital, Pincel	2
P27	Hematita	Raspado	Digital, Pincel	2
P28	Ocre	Molido, Tamizado	Digital, Pincel	4
P28	Ocre	Molido, Tamizado	Digital, Pincel	4
P29	Ocre	Molido, Tamizado	Digital, Pincel	4
P30	Ocre	Molido, Tamizado	Digital, Pincel	4
P31	Ocre	Molido, Tamizado	Digital, Pincel	4
P32	Ocre	Molido, Tamizado	Digital, Pincel	4
P36	Ocre	Molido, Tamizado	Digital, Pincel	4
P34	Ocre	Molido, Tamizado	Digital, Pincel	4
P35	Ocre	Molido, Tamizado	Digital, Pincel	4
P36	Ocre	Molido, Tamizado	Digital, Pincel	4
<b>Total, muestras</b>				<b>108</b>

Tabla 2. Resumen de las cadenas operativas realizadas en la experimentación. Para mayor detalle ver anexo II.

A continuación, se detallan los principales resultados de la experimentación en función de las prácticas tecnológicas llevadas a cabo. Además, se exponen las características que aportaron directrices en la siguiente etapa de observación microscópica.

### 6.1.1 Procesamiento

#### a) Pigmentos

Se observó que las prácticas de procesamientos fueron determinantes en la granulometría de los pigmentos. De esta manera, se evidenció que el raspado de la hematita generó un polvo fino con poder de tinción, mientras que el tamizado y la molienda de ocre generaron un pigmento con una granulometría mayor. En relación con el procesamiento diferencial del ocre, este observó que el tamizado fue de mayor granulometría que el molido tal como se observa en la figura 4.



Figura 4. Resultado del procesamiento de pigmentos. De izquierda a derecha: hematita raspada, ocre molido y ocre tamizado.

Por otra parte, se evidenció que la granulometría de cada pigmento cobra relevancia en la producción de las cadenas operativas, ya que, según el tamaño del grano el resto de las materias primas se comportan de manera diferente. Por ejemplo, la hematita al ser un polvo fino presentó menos complicaciones al agregar el resto de los componentes. A diferencia del ocre que en ocasiones su granulometría dificultó la adherencia de las mezclas. Es por ello por lo que, se estableció una cantidad de pigmento entre 4 a 6 gramos siendo el ocre el que necesitó una menor cantidad debido a su mayor granulometría. A pesar de que ambas cantidades se ajustaron a las reacciones con el resto de los componentes, se determinó que la cantidad de pigmento debía ser siempre mayor a la de cargas, de lo contrario la mezclas tienden a tener dificultades para adherirse al soporte.

Con relación al color, los pigmentos generaron mezclas de tonalidades diferentes. A partir de la hematita se formaron tonos rojizos a anaranjados, mientras que, con el ocre, tonalidades burdeos a marrones. A partir de la comparación utilizando el Atlas Munsell se observó que las mezclas en base a hematita primaron los colores con matices 10R, mientras que en las en base a ocre primaron los matices 7.5R. No obstante, algunas mezclas presentaron matices fuera de este orden. Por otra parte, en términos generales no se pudo determinar la influencia del color de las cargas ni aglutinantes en los cambios de tonalidades de las mezclas.

## b) Cargas

Al igual que la granulometría de los pigmentos, se evidenció que el tamaño y la forma de los granos de algunas de las cargas determinó la homogeneidad y textura de las mezclas. Cabe destacar que solo el cuarzo necesitó mayor procesamiento debido a que eran nódulos grandes y de mayor dureza, el resto de las cargas se encontraban como sedimentos.

De acuerdo con lo anterior, el cuarzo se molió. El resultado fue un polvo con inclusiones de tamaños variables. El yeso debió colarse debido a las impurezas presentes como rocas pequeñas y raicillas; su consistencia resultó en un sedimento blanco principalmente fino. La arcilla por su naturaleza plástica y terrosa, solo se dejó secar y posteriormente se usó en su estado natural, obteniendo también un sedimento de granulometría fina. Y el carbón, se utilizó en espículas pequeñas.

Con respecto a la cantidad se utilizaron de 2 a 3 gramos, cuya variabilidad estuvo determinada según la granulometría y la absorción de agua de cada carga. Para el uso de carbón, se estableció una cantidad fija de 1 gramo, ya que en las muestras de control en las que se utilizó demasiado carbón no fueron viables debido a que éste no absorbe agua, y las espículas no se funden con los pigmentos lo dificultó la aplicación de las mezclas.

En relación con las texturas según el tipo de carga utilizada, las mezclas en las que se utilizó cuarzo resultaron en su mayoría de textura gruesa. Lo anterior se debió a que al no absorber agua y al tener una granulometría variable, los granos no se fundieron totalmente con los pigmentos. En este sentido, se observó que la granulometría de cuarzo y ocre en ocasiones no permitió la plasticidad necesaria para que las mezclas se adhirieran y dificultaron pintar con fluidez ya algunos granos de cuarzo se desprendían del soporte. Lo mismo ocurrió en algunas muestras con hematita, aunque en su mayoría al ser agregado les otorgó la consistencia necesaria para que se las mezclas se adhirieran.

Por su parte, el yeso si bien absorbe agua, algunos granos se disolvieron mientras que otros fueron más visibles. Esta carga otorgó texturas variables a las mezclas lo que permitió que estas generalmente se pudieran manejar y adherir al soporte sin mayor dificultad. Sin embargo, también fue necesario llevar un control del uso (gramos) de esta carga ya que, un exceso de yeso formó mezclas demasiado líquidas.

La arcilla a diferencia del resto de las cargas absorbió agua y debido a su granulometría fina les entregó plasticidad y textura a las mezclas pigmentarias. Esta al igual que el yeso, mantuvo algunas inclusiones, pero no obstaculizaron la manipulación ni aplicación de las mezclas. En la experimentación se pudo observar que un exceso de arcilla generaba pastas o argamasas que se enrollaban y no era posible de aplicarlas en el soporte.

### c) Aglutinantes

Respecto con la adición de aglutinantes en la experimentación se pudo evidenciar que su potencial radica en la capacidad envolvente de los componentes y que su uso incrementa la adherencia de las mezclas. Tal como lo expresa su nombre, estas materias primas aglutinan aquellas inclusiones que son de mayor tamaño y que no absorben agua como en el caso del cuarzo y el carbón.

En relación con su procesamiento, tanto la grasa animal como la resina de algarrobo fueron las que necesitaron mayor procesamiento. La grasa fue derretida y utilizada desde tubos de ensayo, lo cual facilitaba su manipulación al mantenerla en agua caliente ya que al retirarla del calor esta se solidificaba con rapidez. La resina de algarrobo pasó por dos tratamientos buscando una manera óptima para su utilización. Debido a que esta se encontraba en estado sólido en pequeños conglomerados, fue puesta a baño maría en un recipiente de cerámica. Sin embargo, el calor no fue suficiente por lo que se agregó agua, dando como resultado una solución líquida de color marrón (ver anexo I). Por último, en todas las mezclas se agregó agua en estado natural como disolvente.

El aglutinante por excelencia fue la grasa, ya que permitió unir todas aquellas inclusiones de mayor tamaño, potenciando la adherencia y el color de las mezclas, otorgándoles una mayor homogeneidad granulométrica a todas estas. La clara de huevo si bien logró aglutinar los componentes, no fue eficaz en aquellos casos en que la granulometría era de mayor tamaño porque al revolverla formaba mezclas grumosas, que se “cortaban” y en los casos de las mezclas con ocre perdieron potencial de color y viabilidad de aplicación ya que sus inclusiones se disgregaban. El aglutinante más complejo fue la resina de algarrobo; debido a su procesamiento (se disuelve en agua posteriormente se expone al calor). Esta al transformarse en un líquido, no cumplió la función de aglutinante como la clara de huevo y la grasa. En este sentido, la resina desempeñó más bien una función de disolvente, por ello su uso fue mayormente controlado.

Con respecto al uso del disolvente agua, este permitió aumentar la cantidad de las mezclas, aunque su utilización siempre fue menor al resto de los componentes, ya que, mientras más diluida una mezcla menor era la probabilidad de que se pudiera pintar en el soporte. Además, era necesario generar capas gruesas que permitieran tomar muestras posteriormente. De esta manera, para generar mezclas pigmentarias viables, lo fundamental fue no exceder el uso del agua para que las inclusiones no se disgregarán y desprendieran de las pinturas y estas no escurrieran en el soporte.

#### 6.1.2 Técnica de aplicación

Los resultados evidenciaron que la aplicación dependió de la plasticidad y textura de las mezclas, por lo que el tipo de procesamiento de los pigmentos y las cargas utilizadas según sus características granulométricas determinaron la aplicación. Así, aquellas mezclas con texturas gruesas fueron más difíciles de aplicar que aquellas de texturas más finas. En términos de materias primas, la aplicación de las mezclas con ocre siempre fue más difícil

que aquellas mezclas en base a hematita. No obstante, cada técnica presentó sus ventajas y desventajas en la aplicación de las mezclas. A partir de lo anterior, se observó que las diferencias entre los tipos de aplicación radicaban principalmente en los bordes y grosor de los trazos.

Para evaluar las técnicas de aplicación se creó la variable *homogeneidad del trazo* para caracterizar cada uno de los trazos en el soporte. Con respecto a la homogeneidad esta se clasificó como, alta media o baja. Alta se refiere a la homogeneidad de la terminación de los bordes de las pinturas, para ello observamos los extremos, ya que, son las terminaciones de la pintura las más difíciles de definir dependiendo del instrumento. Una homogeneidad media es cuando el trazo es medianamente uniforme, sus costados son más difusos, menos rectos y sus extremos son más bien redondeados, sin perder la forma. Una homogeneidad baja, se refiere a que los bordes están extremadamente distorsionados o son difusos tal como se observa en la figura 5.

#### a) Aplicación digital

En relación con la aplicación digital, se observó que, si bien permite un control del trazo, ya que se puede manipular el sentido del desplazamiento, los repasos y correcciones sin la necesidad de que la mezcla escurra, la homogeneidad del trazo suele ser de media a baja, ya que, las terminaciones tanto de los extremos como laterales del trazo son menos rectas. En algunos trazos no fue posible distinguir el cuerpo del trazado con su extremo superior e inferior, ya que tomaron la forma semicircular del dedo. Además, con cada corrección o repaso, el trazo se volvió más ancho y aumentó su grosor.

#### b) Aplicación con pincel

Se observó que las mezclas aplicadas con pincel presentaron una homogeneidad del trazo de media a alta. El pincel permitió un mayor control del trazo ya que al ser más pequeño se pudo mover con mayor facilidad en los bordes, se pudieron realizar correcciones finas y mantener los ángulos rectos en los extremos (ver figura 5). No obstante, esta aplicación dependió al igual que la digital de la consistencia de las mezclas.

Cabe destacar, que en el uso del pincel se utilizó una menor cantidad de mezcla, ya que necesitó ser repasado varias veces para que la capa quedara lo suficientemente gruesa para la toma de muestras, y además el sentido del repaso debió ser siempre el mismo para mantener el control de los bordes.



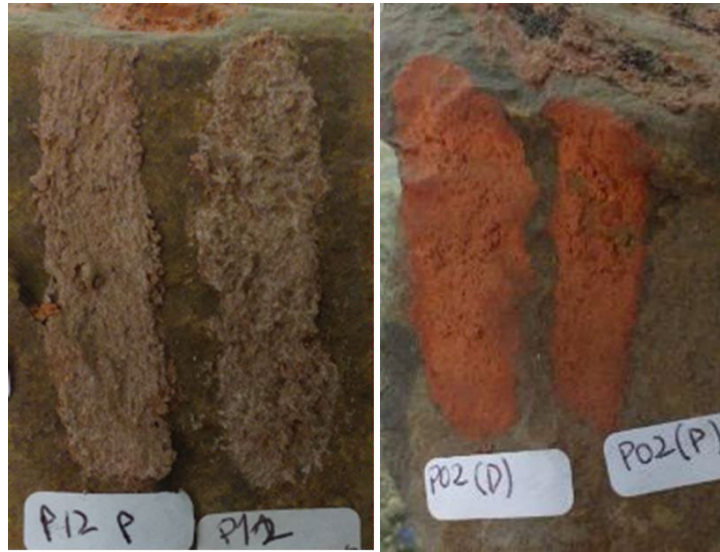


Figura 5. Diferencias entre las técnicas de aplicación, digital (D) y pincel (P). A la izquierda mezclas con ocre a la derecha con hematita.

A partir de las diferencias observadas, se optó por comparar estadísticamente el ancho de los trazos distinguiendo cada técnica de aplicación. Los resultados expuestos en el gráfico 1 indican que no existió una gran diferencia entre los anchos de los trazos según la técnica de aplicación utilizada. Sin embargo, al observar el gráfico se observa una tendencia de los trazos con aplicación digital a ser más anchos, mientras que los trazos más angostos corresponden a los realizados con pincel.

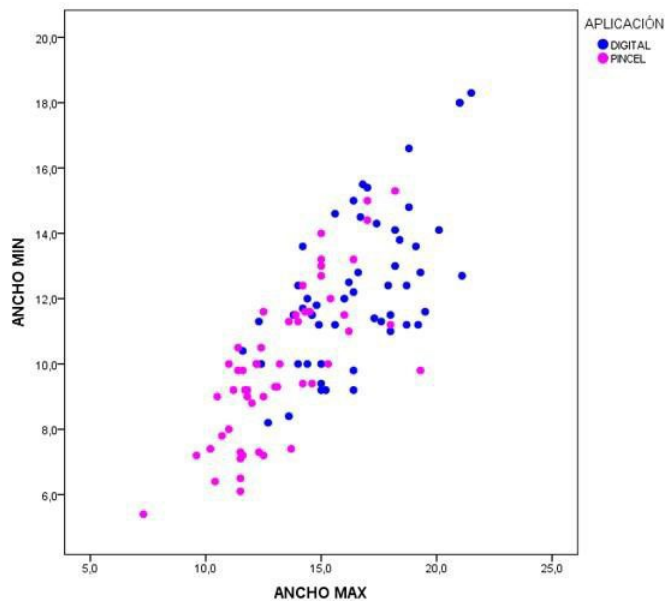


Gráfico 1. Distribución de medidas según técnica de aplicación.

### 6.1.3 Síntesis

Los resultados de la experimentación en relación con las prácticas tecnológicas revelan que el procesamiento es una de las prácticas que tiene mayor visibilidad ya que determina principalmente la granulometría de las mezclas. Se evidenció que del tamaño de los granos dependen la textura y adherencia de las mezclas, lo cual se observa tanto al momento de manipularlas, así como también una vez adheridas al soporte.

En particular, a partir del procesamiento de pigmentos se observó que el uso de la hematita es menos complejo debido a su granulometría fina, lo que permitió generar mezclas estables cuando se agregan el resto de las materias primas, a diferencia del ocre, tanto tamizado como molido, que presentó una mayor dificultad en su manipulación, ya que las mezclas en base a este pigmento fueron corregidas con mayor frecuencia.

En relación con la visibilidad de su procesamiento, la granulometría de los pigmentos es indicativa y determinante en las mezclas ya que son el componente base. Macroscópicamente es evidente que las mezclas que contienen ocre poseen una mayor granulometría que aquellas que contienen hematita. No obstante, también en algunas mezclas se pudo evidenciar diferencias granulométricas entre ocre tamizado y molido siendo este último más fino a la vista. Esta conjetura, que hemos destacado anteriormente será corroborada con el nivel de análisis microscópico.

Con respecto al procesamiento de cargas, esta práctica tuvo una menor visibilidad en las cadenas operativas. No obstante, los resultados más evidentes del procesamiento corresponden a aquellas mezclas en que se utilizó cuarzo, ya que se registraron inclusiones de mayores tamaños. Mientras que en el resto de las cargas el procesamiento fue menos evidente y sólo modificaron algunas de las mezclas a partir de las variaciones de color, siendo el yeso y el carbón las que aportaron mayor variabilidad. El yeso, fue el que les otorgó tonalidades más claras a los pigmentos base, mientras que el carbón oscureció algunas de las mezclas, debido a que algunas espículas quedaban en superficie, ya que al igual que el cuarzo tampoco retuvieron humedad.

En términos de uso, la carga menos eficiente fue el cuarzo debido a la mayor inversión de tiempo utilizada en su procesamiento, a la compleja manipulación de su granulometría y a que no retiene agua. A diferencia del uso de yeso y arcilla que fueron más eficientes en términos de la inversión de tiempo y a la mayor consistencia que les dieron a las mezclas.

Al observar y comparar el procesamiento de ambos componentes, las mezclas se pudieron clasificar en alta, media y baja según su granulometría. El primer conjunto, de granulometría alta, se compone de las mezclas en las que se utilizó ocre, cuarzo y carbón, cuyas inclusiones fueron en ocasiones, evidentes en el soporte o se desprendieron de este. Un segundo conjunto lo componen aquellas mezclas en las que se utilizó ocre, yeso y carbón, en las que las impurezas del yeso o granos de mayor tamaño del carbón no se disolvieron al momento de agregar agua, por lo que se observaron en la textura de las

pinturas. Un último grupo lo componen las mezclas a las que se utilizó hematita y arcilla, esta última al absorber agua generó mezclas pigmentarias con granulometrías finas.

Con relación al uso de los aglutinantes, evidenciamos que esta práctica requiere de un conocimiento específico y habilidad en su procesamiento. En este sentido, observamos que, la viabilidad de las mezclas depende del orden del uso de los componentes, ya que, según la cantidad, temperatura (grasa) y naturaleza de estos se formaron mezclas acuosas o densas, determinando la viabilidad de ser aplicadas. En relación con la visibilidad del uso de los aglutinantes, la grasa es la única que se pudo evidenciar en términos de saturación y brillo del color. No obstante, cabría evaluar si es posible observar microscópicamente la capacidad de unir los componentes según cada aglutinante (López-Montalvo et al., 2017).

Respecto a la visibilidad de la práctica de aplicación, se observó una tendencia a la homogeneidad de los trazos utilizando la técnica del pincel a diferencia de los trazos realizados con el dedo. No obstante, la aplicación con instrumento presentó un mayor grado de complejidad, ya que, requirió mayor habilidad (precisión) que la aplicación digital que fue más instintiva y experiencial. Sin embargo, independiente de la técnica utilizada se necesitaron repasos o retoques para crear una capa homogénea y con un grosor suficiente para su adherencia. En este sentido, fueron las mezclas en base a ocre las que tuvieron que ser repasadas más veces debido a su granulometría.

Entre otras de las observaciones referida a la práctica se puede mencionar que para ambos tipos de aplicación la consistencia de la pintura y la cantidad que se ocupó fue determinante. Una mezcla muy líquida puede dar como resultado chorreaduras y aglomeración de pintura, por lo que para obtener un trazo homogéneo se necesitan mezclas de textura fina, poco densas y ocupadas en cantidades pequeñas. En este sentido, la práctica de procesamiento se interrelaciona con la práctica de aplicación, ya que las mezclas de granulometría fina son más fáciles de aplicar que aquellas de granulometría gruesa. No obstante, no se observaron diferencias de inviabilidad entre uno y otro medio de aplicación, ya que con ambos se pudo pintar.

En esta etapa de experimentación observamos que cada práctica está determinada por la habilidad ya que en la mayoría de las mezclas verificamos que la repetición de los ensayos (2) perfecciona la consistencia y aplicación de las pinturas. Por otra parte, verificamos que la naturaleza de cada materia prima es determinante de las prácticas ya que a partir de esta se ajustaron algunas técnicas. Así la dureza de los pigmentos y cargas determinaron procesamientos diferenciales en cada una. En el siguiente capítulo abordaremos si este acercamiento inicial a las prácticas tecnológicas tiene visibilidad a nivel microscópico.

## 6.2 Resultados microscópicos de las muestras experimentales.

Se observaron 54 mezclas pigmentarias y se caracterizaron siguiendo los aspectos formales de clasificación expuestos en la metodología (Tabla 1).

Al resultar determinantes la granulometría de pigmentos y cargas, la observación se guio en base a estos dos componentes. Se exploran las prácticas de procesamiento ya que fueron determinantes en la viabilidad de las mezclas pigmentarias. Para el análisis se utilizaron las fotografías obtenidas en los aumentos 5x y 10x, ya que proporcionan tanto una observación panorámica como detallada de los componentes presentes en las muestras. La síntesis de análisis se registró en el anexo III.

### 6.2.1 Caracterización de las mezclas pigmentarias según pigmento

#### *Mezclas pigmentarias en base a hematita*

A través de la observación microscópica se pudieron reconocer atributos que asociamos a las prácticas tecnológicas principalmente al procesamiento de los pigmentos y añadido de las cargas.

Evidenciamos que, de un total de 18 mezclas en base a hematita, 12 registran una composición granulométrica homogénea. Estas se caracterizan por presentar prácticamente solo un tipo de componente, son de estructura y granulometría constante en tamaño y forma lo cual le otorga una estructura uniforme como se observa en la figura 6. Asimismo, la mayoría de las mezclas se identificaron texturas finas (N=12) variando a media (N=6) y ninguna presentó una textura gruesa.

No obstante, también se registraron mezclas de granulometría heterogénea, estas presentan una estructura en la que se distinguen a lo menos dos tipos de componentes, y sus granos varían en tamaños y formas distribuyéndose de manera irregular en las mezclas (ver figura 6, derecha). De esta manera, observamos que la composición granulométrica heterogénea de las mezclas en base a hematita se debe a la añadidura de las cargas.

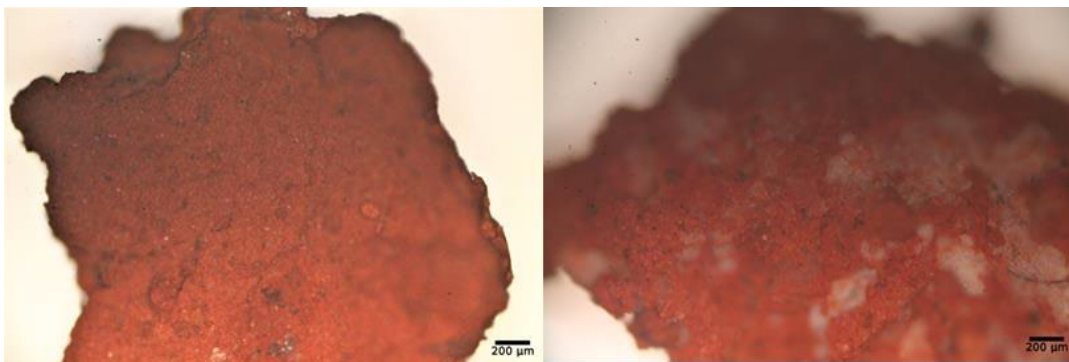


Figura 6. Muestras en base a hematita con diferencias entre una mezcla homogénea y heterogénea (izquierda muestra P02, derecha muestra P27), en aumento 5x.

En relación con lo anterior, la identificación de las cargas se basó en la presencia de inclusiones a partir de su color, ya que microscópicamente la tonalidad de la hematita se mantuvo constante. A partir de esto, se identificaron las de color negro, blancas y cristalinas. En general, se observó una baja densidad de estas (<25%) y se distinguieron en la mayoría de las mezclas pigmentarias heterogéneas. No obstante, las muestras a pesar de su heterogeneidad granulométrica presentaron texturas finas. Estas tendencias en la textura probablemente responden a la práctica de procesamiento al que fue sometida la hematita en la experimentación. En relación con la distribución de las inclusiones estas variaron entre las que se presentaron de manera aislada y las que ocuparon áreas de la muestra tal como se observa en la figura 7.

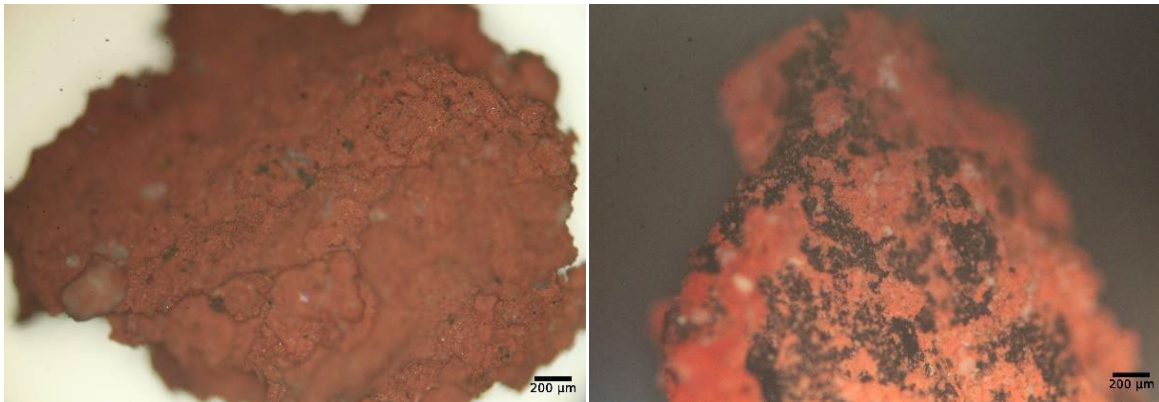


Figura 7. Tipos de distribución de inclusiones en muestras heterogéneas. Distribución aislada en muestra P08 a la izquierda. Distribución en área, en muestra P26 a la derecha. En aumento 5X.

La carga más evidente en las mezclas debido a su color correspondió al carbón. En general se identificó en casi la totalidad de las muestras en que se utilizó. Se observó en baja densidad (<15%) lo que se condice con los gramos utilizados en la experimentación, 1 gramo aproximadamente. Se identificaron en general como pequeñas inclusiones que se distribuyeron por las mezclas de manera dispersa. Su forma generalmente es subangular y su tamaño se encuentra en el rango pequeño (9-30 µm) lo que se condice con su adición en espículas pequeñas. Existieron casos (N=2) en que se observó como grandes inclusiones cubiertas con pigmento como se observa en la figura 7. En general esta carga no modificó la textura fina de las mezclas, ni la coloración general del pigmento.

La segunda carga visible en las mezclas corresponde a las de color blanco, que se observan en las mezclas en que se añadió yeso. A diferencia del carbón, estas solo se presentan en la mitad de las muestras en que fue agregado (N=4), siendo imperceptible en el resto de las mezclas. En aquellas donde fue posible identificarlo, se observó tanto como inclusiones dispersas o en áreas de color blanquecino o cristalino que se acotan a algunos sectores de las muestras como se observa en la figura 8. Estas inclusiones se presentaron en densidad media (>25%), sus tamaños son pequeños, de morfología subangular y se identificaron por su coloración blanca. A diferencia del uso de carbón, el yeso modificó la textura de las mezclas.

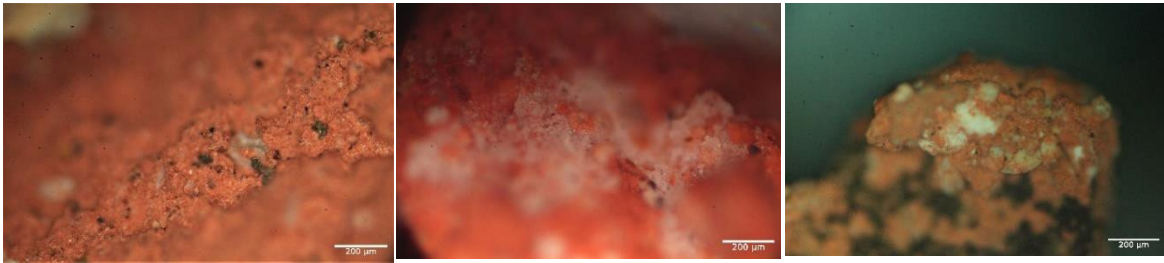


Figura 8. Inclusiones blancas en mezclas pigmentarias con yeso. De izquierda a derecha: P08, P26 y P27. En aumento 10X.

Con relación al cuarzo, la visibilidad de su uso fue menor a la registrada a través de la experimentación en donde destacó debido al tamaño de sus granos. Microscópicamente, este pudo ser observado sólo en 3 de las 6 muestras a partir de las inclusiones de color cristalino de tamaños variables. Al igual que el carbón y el yeso, no se evidenció un patrón claro de distribución que permitiera identificar la carga, más allá de las inclusiones cristalinas. En relación con dicha distribución, se presentaron grandes inclusiones semi translucidas como también acotadas en áreas compuestas de pequeños cristales de morfología amorfa, tal como muestra la figura 9. La densidad con que se presentaron fue baja (>10 %) en comparación con la registrada para el resto de las cargas no afectó la textura de las mezclas, las que fueron principalmente finas en concordancia con la estructura homogénea de la hematita.

Por último, con respecto a la arcilla, en ninguna de las muestras fue concluyente la observación de inclusiones que pudieran acercarnos a la utilización de esta como carga. En algunas de las mezclas con arcilla, se identificaron áreas pequeñas con inclusiones amorfas de color marrón y ásperas, que se presentan de manera acotada como se observa en la figura 10. No obstante, por las características y la singularidad de estas inferimos que se podría tratar de parte de la roca soporte. En general estas mezclas son homogéneas y de textura fina, al igual que su pigmento base y no se observaron otras inclusiones que diferenciaran a la arcilla del pigmento.

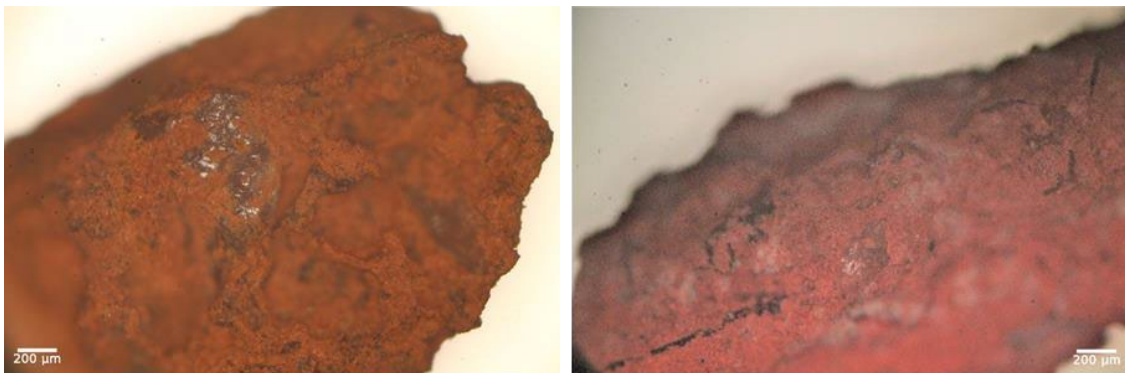


Figura 9. Tipo de distribución de inclusiones de cuarzo en mezclas en base a hematita, aumento 5X.



Con relación al color en las mezclas en base a hematita, observamos que los tonos que se observaron en la experimentación no fueron visibles a escala microscópica. En las mezclas pigmentarias tanto homogéneas como heterogéneas primaron las mismas tonalidades rojizas/anaranjadas. Como observamos anteriormente algunos colores variaron dependiendo de las inclusiones, siendo las blancas y negras las más disruptivas, sin embargo, no modifican significativamente su color. El resto de los componentes no interfirieron en la coloración de las mezclas ya que se presentaron acotados o en áreas de manera aislada. Dentro de estas, existieron excepciones donde predominaron ciertos colores cuando la muestra estaba constituida principalmente por una inclusión recubierta por una pequeña porción de pigmento como se pudo observar en la figura 7. Cabe destacar que existieron variaciones de color debido a los cambios de luz del microscopio observándose colores más saturados u opacos por lo que se tuvo tener especial cuidado en observar las diferencias de color (Druc & Chávez, 2014).

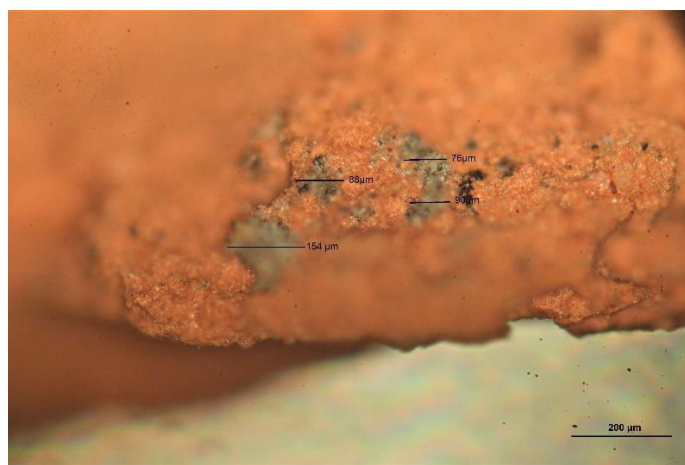


Figura 10. Inclusiones en mezcla con arcilla (P01).

### *Mezclas pigmentarias en base a pigmento ocre*

Los resultados microscópicos indicaron una mayor variabilidad en el uso del ocre. En particular las muestras observadas permitieron reconocer una mayor cantidad de atributos relacionados con la adición de cargas y menos relacionados con las prácticas de procesamiento.

De las 36 mezclas analizadas, 23 son de composición granulométrica heterogénea. Cabe destacar, que a diferencia del pigmento hematita, la naturaleza *per se* del ocre utilizado es heterogénea, por lo que su observación fue más controlada al comparar las mezclas con su muestra control. A pesar de su heterogeneidad se registraron 13 mezclas de composición granulométrica homogénea (ver anexo III). Esta tendencia se vio reflejada en la textura en las que se observó una mayor cantidad de mezclas con texturas gruesas (N=16) a medias (N=12) y una menor cantidad de texturas finas (N=8).

En general, las muestras heterogéneas se caracterizaron por presentar una granulometría poco uniforme, con inclusiones de variados tamaños y colores, mientras que las homogéneas presentaron escasas inclusiones y su estructura se compuso de granos de tamaños pequeños que se distribuyen de manera uniforme por la mezcla tal como se observa en las diferencias de la figura 11.

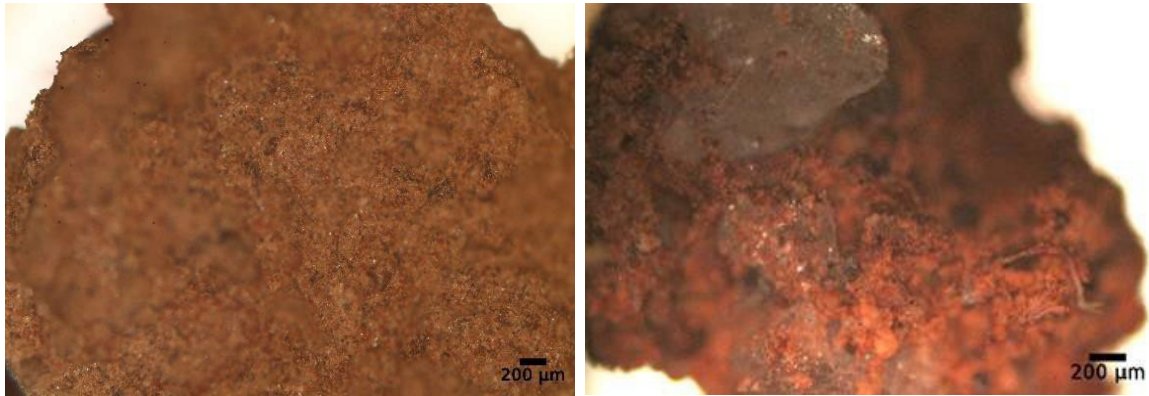


Figura 11. Mezclas en base a ocre con diferencias en su granulometría. A la izquierda mezcla homogénea (muestra P31T), a la derecha una mezcla heterogénea (muestra P11T), en aumento 10 X.

Esta variabilidad granulométrica y de texturas, se condice en primera instancia con el procesamiento del ocre en la etapa de experimentación, en donde el pigmento generado ya sea tamizado o molido presentó una mayor granulometría. A pesar de ello, no fue posible distinguir entre los dos tipos de procesamientos.

Por otra parte, a diferencia de las pinturas con hematita, esta variabilidad en las mezclas en base a ocre también radicó en una mayor densidad y combinación de las inclusiones observadas. No obstante, a partir de los resultados inferimos que esto se debe a la naturaleza del pigmento y no a una mayor visibilidad de la práctica de adición de cargas.

En relación con la presencia de inclusiones, se registraron mezclas con una alta densidad (>50%), las que se identificaron principalmente a partir de su color. De esta manera, se distinguieron al menos 3 tipos de componentes que se presentaban de manera simultánea en las mezclas. Su distribución fue principalmente dispersa y presentaron tamaños y morfologías variables. Al igual que en las mezclas con hematita, las más visibles fueron las inclusiones negras y cristalinas tal como se observa en la figura 12.



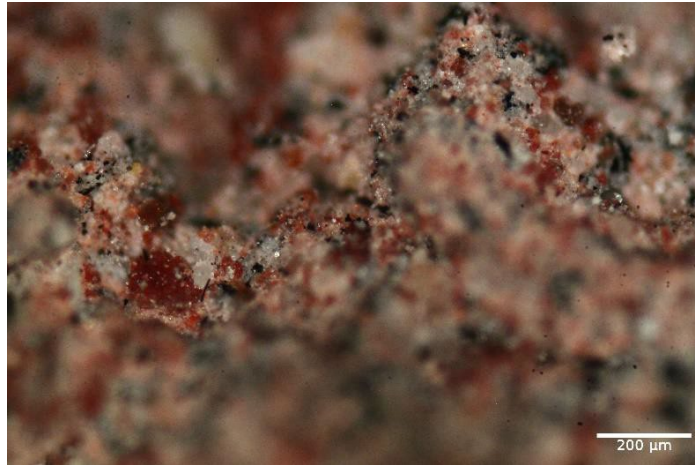


Figura 12. Principales inclusiones observadas en las mezclas en base a ocre, aumento 10X.

Con relación a la visibilidad de las cargas a partir de las inclusiones, el carbón se observó en la totalidad de las mezclas en que se añadió. En general se reconoció por sus granos negros de tamaño pequeños (20-40  $\mu\text{m}$ ) y su morfología angular y subangular. Este se distribuyó de manera dispersa, y presentó densidades variables principalmente de media a baja (<25%). No obstante, mostró una mayor variabilidad que el resto de las inclusiones. En algunas mezclas se observaron inclusiones aisladas, de morfología amorfa y espículas como soporte de pigmento. Su identificación fue más compleja, ya que en algunas muestras los granos se confundían con inclusiones marrones propias del ocre.

La segunda carga visible, corresponde al cuarzo. Este se identificó a partir de las inclusiones de color cristalino y morfología angular en 10 de 12 mezclas. No obstante, se observó una mayor variabilidad en su granulometría (ver figura 13). Destacan las de gran tamaño que se presentan de manera aislada. Estas tienen formas subangulares a sub redondeadas de tamaño mediano a grandes (50-100  $\mu\text{m}$ ). También se registraron en áreas acotadas en las mezclas conformadas por pequeños granos cristalinos de tamaños pequeños. No obstante, pero debido a su distribución y densidad en ocasiones fue complejo diferenciar de inclusiones cristalinas propias del ocre, por lo que no claro evidenciar si correspondían a la matriz de las mezclas.

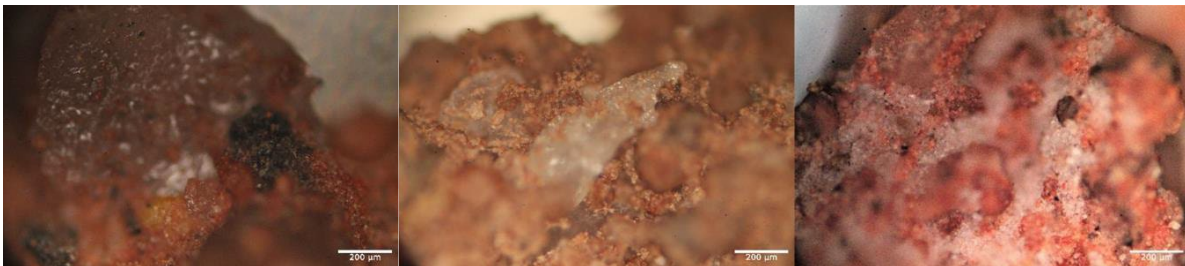


Figura 13. Variabilidad de las inclusiones de cuarzo (izquierda a derecha muestra P29M, P10, P12T) y en aumento 10X.

Con relación a la visibilidad del yeso como carga, en 8 de 12 de las mezclas en que fue añadido, se observaron inclusiones de color blanco lechoso y cristalino (ver figura 14), las mismas registradas en las mezclas con hematita y yeso. Estas en general se distribuyen de manera dispersa, sus tamaños son pequeños a medianos, de morfología sub redondeada y amorfas. A diferencia del resto de las inclusiones, se registró una mayor variabilidad en su densidad, identificándose mezclas con densidad baja (<15%) y alta (>50%). Cabe destacar, que en la mayoría de las mezclas se identificaron también inclusiones cristalinas asociadas a estas blancas, por lo que podríamos señalar que estas corresponden a la matriz del ocre.

En cuanto a la visibilidad de la arcilla, existe una escasa presencia de inclusiones que no correspondan a las ya señaladas para cada tipo de carga. En general las mezclas con arcilla no presentaron grandes variaciones granulométricas, fueron homogéneas y de textura fina. Estas mezclas también presentaron inclusiones cristalinas de tamaños pequeños distribuidas de manera irregular por toda la mezcla, lo que nos permitió aseverar que parte de estas correspondían al pigmento y no fueron añadidas.

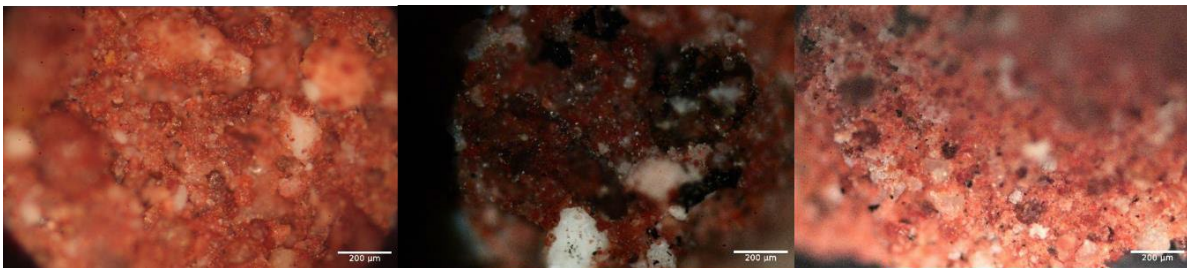


Figura 14. Variabilidad de las inclusiones de posible yeso (izquierda a derecha muestra P17T, P35M, P36T) y en aumento 10x.

Por último, en relación con el color de las mezclas, estas presentaron tonalidades marrones/burdeos y sobre éste se amplió la variabilidad de tonos dependiendo de la densidad y distribución de las inclusiones. A pesar de estas variaciones no se registran coloraciones significativas, sino que varían entre oscuras, cristalinas y negruzcas siempre manteniendo el color marrón/burdeo como base.

### 6.2.2 Síntesis

Los resultados mostraron una diferenciación de las prácticas de procesamiento entre los pigmentos a través de la composición granulométrica, es decir la forma y tamaño de sus granos. Así, el ocre que fue molido y tamizado estuvo representado por una mayor cantidad de mezclas heterogéneas, mientras que en la hematita raspada predominaron las mezclas de granulometría homogénea.

En relación con el ocre, tanto el tamizado como el molido, se caracterizó por una granulometría variable en tamaños y formas, otorgándole mayor textura a las mezclas lo que se condice con los pigmentos obtenidos en la experimentación. Sin embargo, no fue

posible observar diferencias significativas entre ambos tipos de procesamientos, a pesar de las diferencias observadas experimentalmente, donde el pigmento tamizado presentó una mayor variabilidad en su granulometría.

Con respecto, a las mezclas homogéneas del ocre, se caracterizaron por una ausencia inclusiones que modificaran su composición. Esto nos llevó a discutir la representatividad de las muestras ya que, el ocre se caracterizó principalmente por su heterogeneidad granulométrica, por lo que no fue posible aseverar si esta homogeneidad estuvo determinada por el tipo de procesamiento o un sesgo de muestreo. Es por ello, como mencionamos anteriormente, que la observación de las mezclas en base a ocre presentó una mayor complejidad debido a la naturaleza del pigmento, por lo que se observaron con mayor detención al momento de diferenciar cargas y así evitar los sesgos de intencionalidad.

En relación con las mezclas en base a hematita el procesamiento del pigmento se pudo identificar con mayor facilidad. El polvo fino generado en la experimentación se tradujo en una mayor cantidad de mezclas de granulometría homogénea y textura fina. Aquellas mezclas que presentaron una granulometría heterogénea se debieron a la presencia de inclusiones de mayor tamaño determinadas por la carga utilizada.

Con relación a la práctica de adición de cargas, los resultados mostraron una modificación de las mezclas. Estos cambios fueron visibles en la presencia de inclusiones identificadas a través del color y tamaño de los granos, y en menor medida de sus formas. La densidad de la mayoría de las cargas identificadas fue baja y otras se presentaron de manera aislada o muy dispersas por lo que esta variable no fue determinante y se condice con la cantidad de carga agregada en la experimentación la cual siempre fue siempre menor a la de pigmento (2 gr). Es probable que, debido a la baja cantidad, esta práctica no tuvo una incidencia significativa en granulometría de las mezclas, por lo que podemos aseverar que la composición granulométrica en su mayoría estuvo determinada por el procesamiento de los pigmentos.

La adición de las cargas, como mencionamos anteriormente tuvo mayor visibilidad según el color y tamaño de las inclusiones. En este sentido, el carbón en ambos pigmentos fue el que tuvo mayor visibilidad. No obstante, si bien se observó una tendencia hacia tamaños muy pequeños (5-10 $\mu$ m), existieron excepciones de inclusiones de mayor tamaño (40-60  $\mu$ m) debido a esta variabilidad no conseguimos aseverar que fue agregado como espículas en la experimentación.

En el caso del cuarzo, el tamaño de las grandes inclusiones identificadas se condice con el procesamiento de molienda. Sin embargo, en las mezclas en que se observó como pequeños granos no fue posible aseverar que correspondiera a cuarzo agregado o al contenido en los pigmentos, sobre todo en el caso del ocre. Un caso similar ocurrió en las mezclas en que se añadió yeso, si bien este se identificó en ambos pigmentos a través de inclusiones blancas, en el ocre se asoció también a pequeños granos cristalinos.

De esta manera, el resultado fue incierto. A diferencia del yeso, el uso de la arcilla no tuvo ninguna visibilidad significativa como carga, siendo estas mezclas en su totalidad de composición granulométrica homogénea y una baja presencia de inclusiones.

En base a lo anterior planteamos que tiene relación con el procesamiento de las cargas. La arcilla al ser agregada como un sedimento fino y al absorber agua conformó el grupo de mezclas de granulometría baja. En segunda instancia el procesamiento del cuarzo se vio reflejado en algunas mezclas que presentaron inclusiones aisladas lo que se condice con las observadas en experimentación. No obstante, estas inclusiones solo fueron evidentes en una baja cantidad de mezclas por lo que su procesamiento a diferencia de lo observado en la experimentación no determinó la granulometría de las mezclas. Referente el procesamiento del resto de las cargas, el carbón y el yeso tuvieron una menor visibilidad, no obstante, se distinguieron por el tamaño (pequeño) de algunas inclusiones en las mezclas. De esta manera, podemos decir que la práctica de procesamiento de las cargas fue parcialmente visible en términos microscópicos.

Con respecto al uso de los aglutinantes observamos que el tipo utilizado no influyó en la variabilidad ni en la distribución de los componentes. Tampoco fue posible observar diferencias significativas de granulometría, ni de color en las mezclas. En ese sentido, cabe destacar, que además existió un problema metodológico en su análisis, ya que, son microscópicamente difíciles de observar por lo que su visibilidad sólo fue posible en la etapa de experimentación.

Con relación al color de las mezclas si bien existe una tendencia de los tonos rojizos/anaranjados en las mezclas con hematita y marrón/burdeos para las mezclas con ocre, la saturación de color en ocasiones no permitió diferencias tan claras, pese a que se puso especial atención a un uso regulado de la luz. Es por ello que la variabilidad de las tonalidades no permitió aseverar diferencias significativas de color. No obstante, sí se observó que el color de las inclusiones son las que entregan información sobre la visibilidad de las cargas.

### **6.2.3 Caracterización de secciones transversales de las mezclas experimentales.**

En este apartado se intensificó la observación de las variables identificadas en las mezclas a partir de las muestras control. Los resultados microscópicos de las secciones transversales evidenciaron una mayor variabilidad en la presencia de las cargas a diferencia de lo observado en el apartado anterior. En 6 de las 10 muestras fue posible reconocer la aplicación de cargas, siendo el carbón y el cuarzo las más visibles mientras que el resto fueron difícilmente asociadas a ciertas inclusiones. El detalle de estas observaciones se describe en el anexo IV.

Las secciones transversales de las muestras control, tal como se observa en la figura 15 mostraron que existen diferencias en las inclusiones entre ambos pigmentos. En la mezcla de hematita, se observaron inclusiones de color oscuro y forma subangular que se

presentan de manera aislada, que corresponde a inclusiones propias del pigmento. Se observan también otras inclusiones cristalinas que se distribuyen por toda la mezcla y que también forman parte del pigmento. A diferencia de lo observado anteriormente, el corte transversal permitió reconocer inclusiones, las cuales si bien se presentan en baja densidad permiten aseverar que la adición de las cargas tuvo menor visibilidad en las mezclas sin montar.

De las 5 secciones transversales con hematita en solo 2 se observan claramente la adición de las cargas (ver anexo IV). Estas se componen en un 50% por inclusiones de gran tamaño de color negro y cristalinas correspondientes a carbón y cuarzo. En el caso del carbón en ambas mezclas su composición es variable, las inclusiones son disimiles en forma y tamaño por lo que podríamos decir que reflejan la manera en que fue añadido, en pequeñas espículas sin tratamiento previo. En el caso del cuarzo, como hemos mencionado con anterioridad tiende a las grandes inclusiones. Referente al tamaño de ambas inclusiones destacamos que en aquellas mezclas en que la proporción es mayor con respecto al pigmento, obstaculizan la consistencia de las mezclas. En este sentido, proponemos que su tamaño es un marcador de intencionalidad cuando son disruptivas en proporción y volumen.

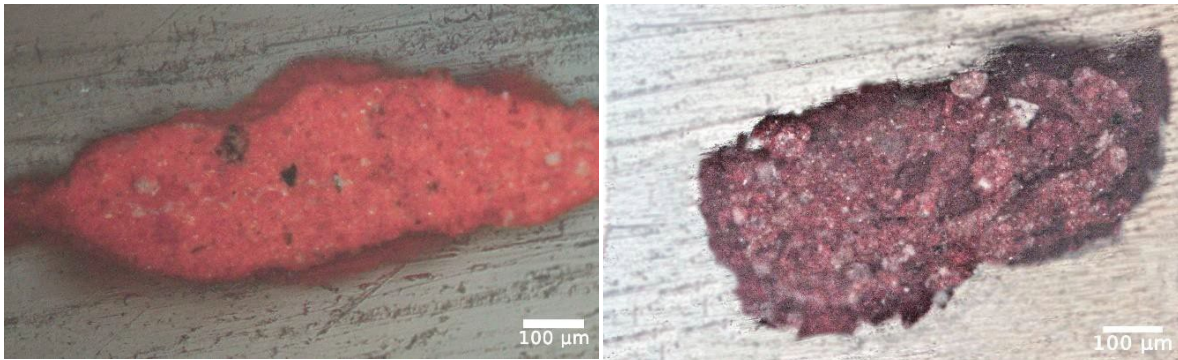


Figura 15. Muestras control. A la izquierda muestra control de hematita (MC01), a la derecha muestra control ocre (MC08).

Con relación a las tres muestras restantes observadas que contenían yeso y arcilla, en ninguna de las mezclas fue posible evidenciar grandes diferencias en relación con las inclusiones observadas en la muestra control. En términos generales las mezclas se caracterizaron por algunas inclusiones oscuras que se presentaron de manera aislada, y granos cristalinos de tamaños muy pequeños y de morfología subredondeada que se distribuyen por las mezclas. Sin embargo, la escasa presencia se corresponde con las inclusiones observadas en la muestra control de la figura 15. Por otra parte, se confirmó la tendencia de la arcilla a tener una baja visibilidad microscópica mientras que el yeso no tuvo la representación observada con anterioridad en la que se registraron inclusiones blancas. Por lo tanto, en estas mezclas la visibilidad de la práctica de adición de cargas fue también baja.

Por su parte, los resultados de la observación de secciones transversales de las mezclas en base a ocre evidenciaron una amplia variabilidad de las mezclas a partir de la muestra control. En esta se observó una mezcla heterogénea tanto en términos de componentes como la forma y el tamaño de los granos. Tal como se observa en la figura 15, la muestra está compuesta de múltiples inclusiones pequeñas de colores claros, grises y cristalinos, que se presentan en alta densidad y se distribuyen por toda la mezcla. Con respecto a las inclusiones mayores se distinguen las de color blanco con formas subangulares y otras grises o semi translucidas, sub redondeadas, de tamaños medianos que se presentan en alta densidad, estas por tanto constituyen el pigmento.

De las 5 muestras observadas en sus secciones transversales 4 de estas presentaron inclusiones que se pueden asociar con la práctica de adición de cargas. Al igual que las registradas en las mezclas con hematita, estas correspondieron a las inclusiones negras y cristalinas probablemente de cuarzo y carbón. Referente a las mezclas en las que fue añadido carbón no todas evidenciaron inclusiones negras lo que se corresponde con la baja densidad presentada en la mayoría de las mezclas que revisamos anteriormente. En las mezclas que se observaron, sus tamaños fueron variables, principalmente se reconocieron por los granos de tamaño medio de morfología subangular, también destacó una gran inclusión soportando el pigmento (ver anexo IV). Como pudimos observar esta característica de tamaño se repite tanto para las mezclas con hematita como en las con ocre.

Las muestras en las que se reconoció cuarzo también se asociaron a las inclusiones grandes cristalinas ya mencionadas. No obstante, la mayoría de las mezclas presentaron también áreas de material translucido distribuido de manera intersticial, abarcando un 70% al interior de las muestras. Ante estas características no fue posible discernir la intencionalidad de la adición de cuarzo, ya que tanto la muestra control como en el resto de las mezclas seleccionadas presentaron este tipo de inclusiones pequeñas.

Referente al resto de las cargas añadidas, sólo en una muestra fue posible asociar el yeso con las inclusiones blancas descritas en el apartado anterior. Estas se presentan en baja densidad se distribuyen de manera aislada, son morfología subangular, y de tamaño medio por lo que marcan presencia en la muestra. No obstante, la muestra control también presentó este tipo de inclusiones blancas (ver figura 15). Por otra parte, algunas mezclas con yeso presentaron granos cristalinos formando parte de la estructura de la mezcla tal como se observó en las muestras con cuarzo. De esta manera, no fue posible determinar si estas inclusiones corresponden a dos formas de representación de una misma carga o su visibilidad fue baja.

De igual manera en las mezclas en que se agregó arcilla, no se evidenciaron indicadores que permitieran identificarla. Estas mezclas en general estuvieron compuestas de una gran cantidad de inclusiones las que se observaron también en la muestra control. Tal como se observa en la figura 16 se registraron inclusiones cristalinas de tamaños y formas variables, junto a inclusiones negras probablemente de carbón. Además, se identificaron otro tipo de



inclusiones como la gran inclusión cristalina que se observa en la figura 16, probablemente de cuarzo, de morfología sub redondeada, en la que ocupa casi en un 50 % de esta. Cabe destacar que, en esta mezcla no se añadió cuarzo por lo que esta podría corresponder a parte del pigmento o bien parte de las impurezas de la arcilla agregada.

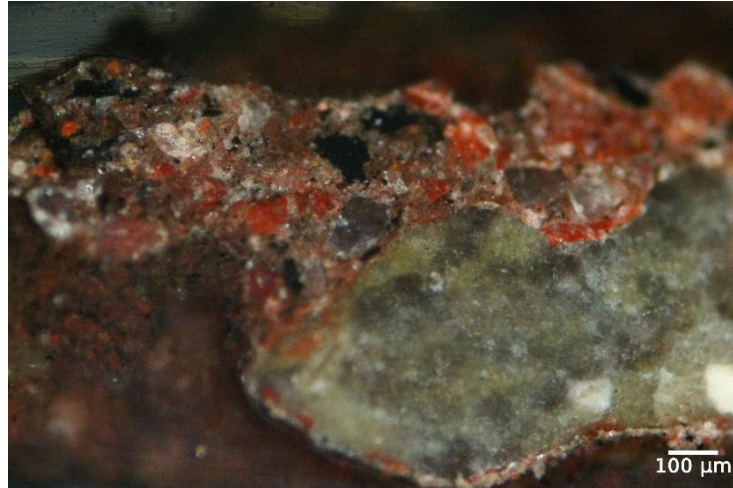


Figura 16. Corte transversal de muestra P31 M, aumento 10x.

Con relación a las prácticas de procesamiento de cargas no fue posible generalizar las diferencias registradas en el apartado anterior. No obstante, observamos que el tamaño de las inclusiones puede ser indicativo de esta práctica cuando se registran inclusiones de mayor tamaño, o presentan cierta homogeneidad en sus granos. En relación con el procesamiento de los pigmentos, se observó la misma tendencia de las mezclas con granulometría homogénea representadas por las muestras de hematita mientras que las mezclas con ocre presentaron una composición granulométrica heterogénea.

Al observar ciertas incongruencias entre ambas metodologías, muestras sin montar y las secciones transversales, planteamos que quizás esta última puede que no sea una metodología idónea para evidenciar prácticas como el procesamiento ya que la granulometría de las mezclas queda expuesta de una manera homogénea y no permite abordar a cabalidad las diferencias morfológicas. Por otra parte, al proporcionar un *zoom* de las inclusiones presentes, en mezclas heterogéneas es difícil discernir si la textura gruesa se debe a la naturaleza heterogénea del pigmento o a las prácticas de procesamiento, ya que el área de observación es muy acotada. En este sentido, es necesario plantear si este *zoom* de las muestras puede ser representativo de las prácticas tecnológicas de una mezcla.

### 6.3 Técnicas de aplicación.

A continuación, se describen las técnicas de aplicación a partir de lo observado en las secciones transversales.

En primera instancia debemos destacar que sólo 1 de las 12 mezclas observadas presenta una capa que por sus características podría corresponder a la roca soporte. La identificación del soporte generalmente se ha utilizado como referencia visual para medir el espesor de las capas y abordar características morfológicas de estas (Landino, 2020). En el resto de las mezclas se identificó sólo una capa de aplicación y su morfología en general fue irregular.

Tal como muestra la figura 17 las mezclas aplicadas con pincel presentan una distribución dispersa de los componentes y en general corresponden a mezclas heterogéneas en términos granulométricos. En este sentido se identifican una mayor variabilidad en el tamaño y forma de las inclusiones que las componen, a diferencia de las mezclas aplicadas con el dedo que presentan una granulometría más uniforme y una menor presencia y diversidad de inclusiones (ver figura 18).

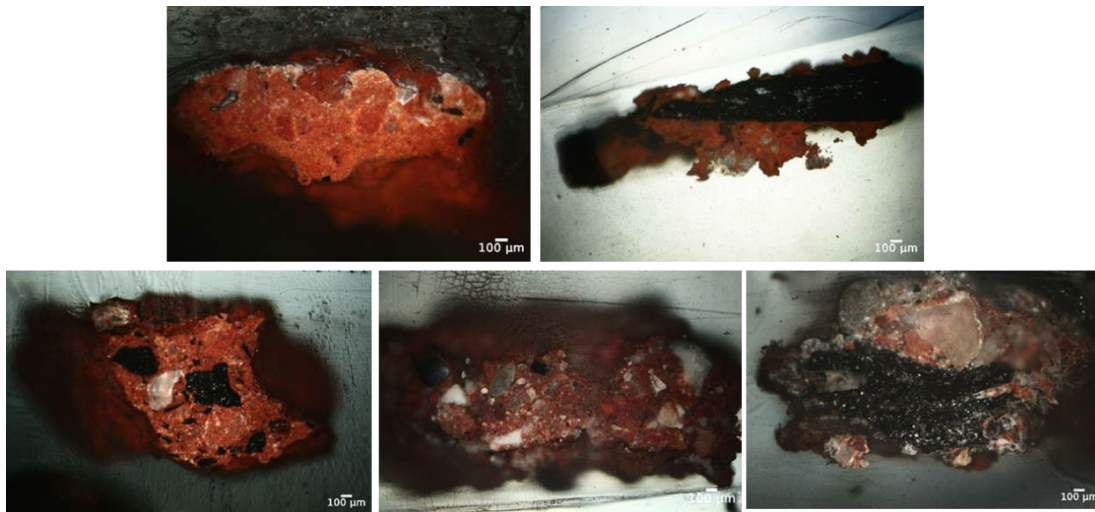


Figura 17. Mezclas de aplicación con pincel, corresponden a las muestras en base a hematita P05, P19, P26 y en base a ocre P35M, y P30T, en aumento 5X.

En relación con los tamaños de las inclusiones observamos que la mayoría de las mezclas aplicadas con pincel presentan una mayor cantidad de inclusiones de gran tamaño, a diferencia de las aplicadas con el dedo. Esto podría indicar que el pincel arrastró menos granos de gran tamaño mientras que el dedo pudo haber arrastrado la mayoría de los granos de mayor volumen. En este sentido, inferimos que el peso y volumen del dedo a diferencia de la ligereza y menor tamaño del pincel podrían haber influido en estas diferencias.

Con relación a las inclusiones menores, observamos que en las de aplicación con pincel se distribuyen de manera dispersa, mientras que, en las de aplicación digital se aglutinan y funde con el resto del pigmento tal como se observa en la figura 18. Lo anterior podría tener relación con lo observado en la experimentación, donde el uso del pincel por sus características morfológicas permite mayor fluidez y control de la mezcla, mientras que el dedo arrastra y presiona la mezcla para que pueda fijarse en el soporte. No obstante, lo



anterior como observamos en la experimentación está determinado por la granulometría del pigmento, la consistencia y la cantidad de la mezcla utilizada.

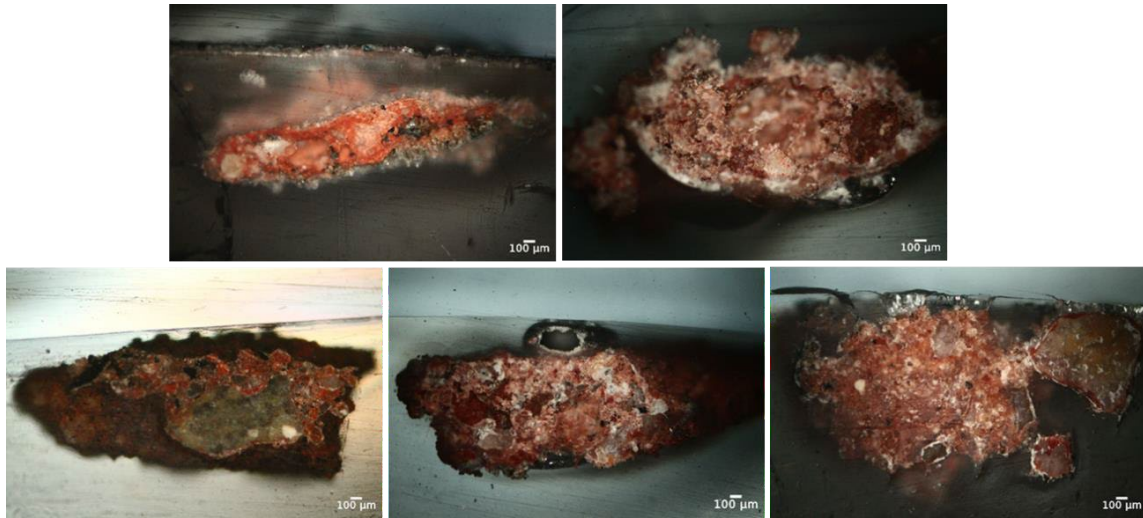


Figura 18. Mezclas de aplicación digital, corresponden a las muestras en base a hematita P09 y en base a ocre P18T, P31M, P36T, P30M, en aumento 5X.

En relación con el grosor de las mezclas, a pesar de no contar con el soporte como parámetro, los resultados mostraron espesores variables entre cada tipo de aplicación siendo de mayor grosor las digitales. Estas a pesar de la irregularidad general, presentan una menor variabilidad interna con respecto a su grosor, a excepción de la mezcla P09 que se observa en la figura 18. Mientras que las mezclas aplicadas con pincel presentan una mayor variabilidad interna. Inferimos por una parte que se debió a la cantidad de repasos que necesito la aplicación digital para lograr bordes rectos y así homogeneizar los trazos, lo que se tradujo en mezclas más gruesas. Y, por otra parte, este grosor pudo estar determinado por la mayor granulometría del ocre, ya que la mayoría de las mezclas expuestas en la figura 18, a excepción de la mezcla P09 ya señalada, corresponden a mezclas en base a ocre.

Los resultados si bien no son concluyentes mostraron que la presencia, tamaño y distribución de las inclusiones en las mezclas pueden entregar información valiosa sobre la visibilidad de las prácticas de aplicación. De esta manera, permiten vislumbrar que la consistencia (granulometría) de las mezclas podría incidir en la elección de la práctica de aplicación.

#### **6.4. Resultados SEM-EDS de muestras experimentales.**

A continuación, se describen los resultados de los análisis del SEM-EDS de las secciones transversales expuestas anteriormente (ver anexo IV). La primera parte describe los elementos químicos registrados en las muestras control: MC01 y MC08. La segunda parte describe las características químicas del resto las mezclas pigmentarias de manera comparativa con dichas muestras control para observar la visibilidad de la práctica de

adición de cargas debido al tipo de análisis químico. En este sentido, exponemos los elementos que presentan mayor concentración y nos permiten vislumbrar las cargas agregadas tales como el calcio y azufre que podrían indicar la presencia de yeso, el silicio y aluminio indicarían la presencia de arcilla, y el silicio puntualmente la presencia de cuarzo. Las mediciones originales se presentan en el anexo V.

#### 6.4.1 Caracterización de muestras control

##### 1. Muestra control MC01: *hematita*

La mezcla se compone principalmente de aluminio (Al), silicio (Si), y hierro (Fe). Tal como se observa en la figura 19. El Al corresponde al componente principal que se distribuye de manera homogénea en toda la mezcla concentrándose en algunas áreas. El Fe es el segundo elemento que se presenta en mayor proporción, también se distribuye de manera uniforme, aunque se observa concentrado en algunas partículas pequeñas. El Si se presenta más tenue y se concentra también en algunos átomos que se distribuyen de manera irregular pero acotados por la mezcla. Según esta distribución podrían corresponder a inclusiones de cuarzo. El calcio (Ca) se presentan en menor proporción que el resto de los elementos y se exhibe por toda la mezcla mientras que el azufre (S) no muestra ninguna tendencia sobre la muestra.

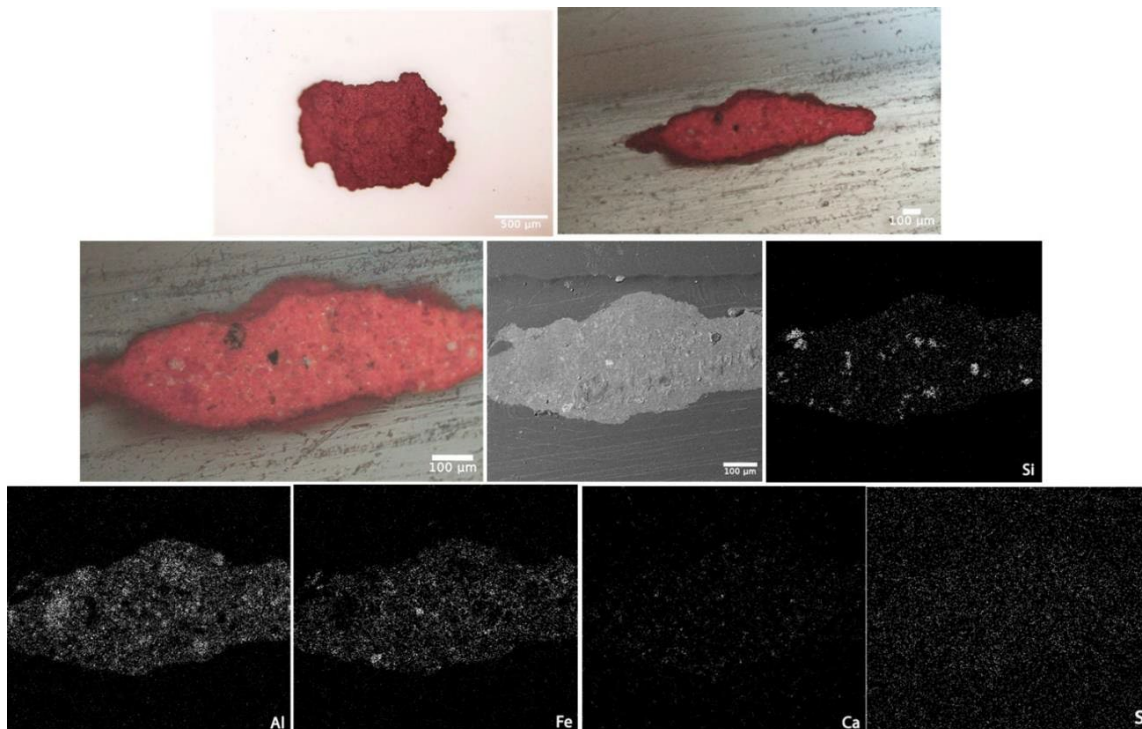


Figura 19. Muestra MC01 en distintas observaciones. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída y luego su sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3 corresponden a imagen microscópica de la sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados o imágenes de electrones retro dispersados (EDS), en magnificación 400x.

Al puntualizar los análisis se observa que la mezcla se compone de granos ricos en Al, Si y Fe (ver figura 20). Estos granos presentan variabilidad en su tamaño, aunque priman los pequeños a muy pequeños, son de morfología amorfa y se distribuyen por toda la mezcla. Los porcentajes indicados en la tabla 3 muestran además granos ricos en Fe (>60%) que probablemente es lo que le entrega la coloración al pigmento. Se observa además que la mezcla se compone de elementos menores siendo recurrentes el magnesio (Mg), sodio (Na) y el potasio (K). Destacan elementos puntuales como el cromo (Cr) y el azufre (S) registrado en las mediciones de la tabla 3.

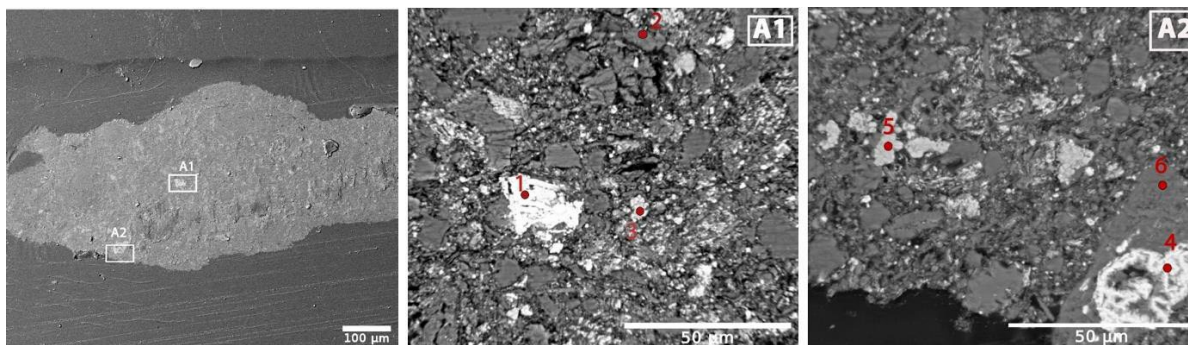


Figura 20. Ubicación de análisis puntuales. A la izquierda imagen de electrones secundarios de las áreas medidas. A la derecha. Imágenes de electrones retro dispersados (BSE) donde se señala los análisis puntuales en rojo (spot), magnificación 3000x.

	Area	Spot	>10%	1-10%	<1%
MC01	A1	1	Al, Si, Fe	K	Mg, Ti
		2	Al, Si, Fe	F, P, S, Ca	Na, K
		3	Al, Si	F, Fe	Na, K, P, S, Ca, Cl, Ti
	A2	4	Fe (60%)	Al, Si	Ca, Ti
		5	Ti	Cr	Si, Fe
		6	Al, Si	-	Na, Fe

Tabla 3. Resumen de la composición química de las áreas señaladas en la figura 20. Se expresan en % de peso de cada elemento en relación con el total.

## 2. Muestra control MC08: Ocre.

Los resultados indican una mezcla compuesta también de Si, Al y Fe. Sin embargo, a diferencia de la mezcla anterior presenta una mayor proporción de Si, que de Al tal como se observa en la figura 21. El Si como componente principal se distribuye por toda la mezcla concentrándose en ciertas áreas, otorgándole un aspecto heterogéneo a la mezcla, mientras que Al se distribuye de manera más uniforme por la mezcla. No obstante, por la alta densidad con la que se presentan ambos elementos es probable que esta muestra contenga más arcilla (aluminosilicatos) con algunos granos ricos en Si. El Fe se observa con menor presencia que en la muestra anterior lo que explicaría en parte la distinción de colores entre los pigmentos.

En relación con el Ca, este elemento mantiene una baja presencia y se concentra en algunos átomos, mientras que el S se presentan casi de manera imperceptible y no se concentra sobre la mezcla. Por lo que no se evidencia una presencia de yeso ni sales.

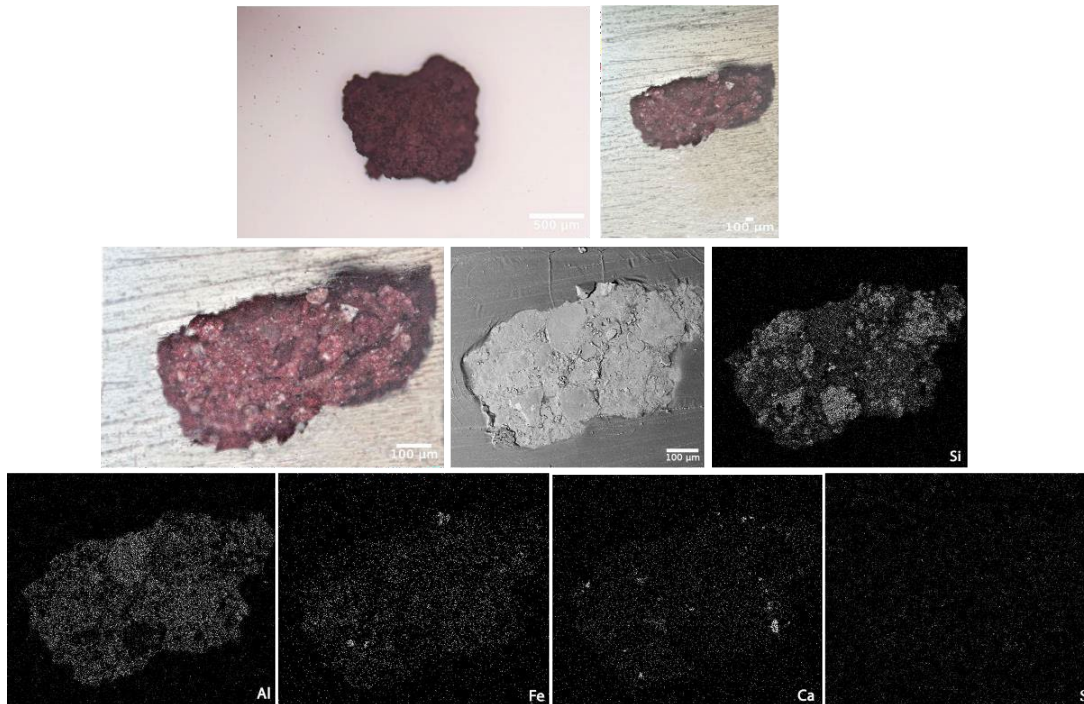


Figura 21. Muestra MC08 en distintas observaciones. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída y luego su sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3 corresponden a imagen microscópica de la sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados o imágenes de electrones retro dispersados (EDS), en magnificación 400x.

Al puntualizar los análisis, se registran de manera independiente granos ricos en Fe, Si o Al, diferente a lo observado en la muestra MC01 donde la mayoría de estos granos se presentaban combinados. Como se observa en la figura 22, los granos ricos en Fe (spot 1 y 4) se presentan de manera aislada, su morfología varía entre subangulares y amorfos y son de tamaños pequeños. El Si (spot 2 y 5) que se presenta en forma mayoritaria (>10%) en tabla 4 representa gran parte de la matriz de la mezcla lo que se condice con los resultados del mapeo representados de la figura 21. Por último, se registran granos de Ti (spot 3 y 6) enriquecidos con Al, Si y Fe menor proporción.



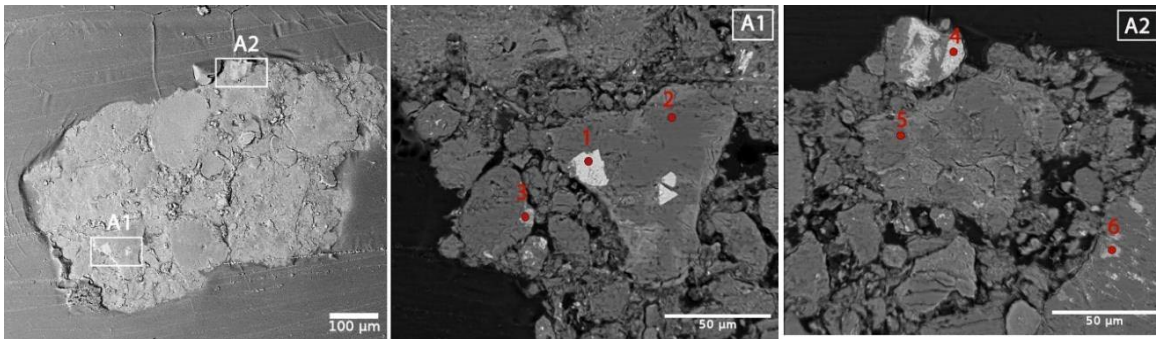


Figura 22. Ubicación de análisis puntuales. A la izquierda imagen de electrones secundarios de las áreas medidas, magnificación 400x. A la derecha imágenes de electrones retrodispersados (BSE) donde se señalan los análisis puntuales en rojo (spot), magnificación 3000x.

Por otra parte, los resultados puntuales también mostraron la presencia de elementos menores como el K y Mg (<1%), los que se registraron también en MC01, aunque con menor variabilidad. Adicionalmente, se observó Germanio (Ge) como elemento único y puntual en baja presencia. Cabe destacar que a diferencia de MC01, no se detectó la presencia de Na.

Muestra	Área	Spot	>10%	1-10%	<1%
MC08	A1	1	Fe	-	Si, Ti
		2	Si	-	Si
		3	Ti	Al, Si, Fe	K, Ca, Mg
	A2	4	Fe (25%)	Al, Si, Ti	K, Ca, Mg
		5	Si	Al, K, Fe	Ca, Mg, Ti
		6	Ti	Al, Si, Fe	Ca, Mg, K, Ge

Tabla 4. Resumen de la composición química de las áreas señaladas en la figura 22. Se expresan en % de peso de cada elemento en relación con el total.

#### 6.4.2 Caracterización de muestras según pigmento.

##### a. Hematita.

##### 1. Muestra P09: *hematita+yeso*.

La figura 23 muestra una mezcla compuesta principalmente de Al, Fe y Si en concordancia con la muestra MC01 en base a hematita. Sin embargo, se observa una menor densidad y mayor heterogeneidad en la distribución de los componentes. Así, el Al y el Fe presentan un pulso más tenue y su distribución se encuentra interrumpida en la parte central de la mezcla. Por su parte, el Si se observa concentrado en inclusiones ricas en este elemento, que se distribuyen de manera irregular tanto en la parte superior como inferior de la mezcla. A diferencia de la muestra control estas inclusiones de Si se encuentran en mayor densidad y tamaño. Lo anterior nos hace suponer que el pigmento en sí presenta densidades

variables de silicatos en concordancia con las inclusiones de Si observadas en la muestra MC01.

Referente a la carga agregada, esta debería estar representada por una mayor presencia de Ca y S, no obstante, en la figura 23 se observa una escasa presencia del Ca, cuya distribución pareciera corresponder a parte del pigmento. En los análisis puntuales (ver tabla 5) se pudo observar que este elemento corresponde a uno de los de concentración más baja (1,16%). Asimismo, el S no presenta una tendencia clara sobre la mezcla y su escasa presencia no es detectada en los análisis puntuales.

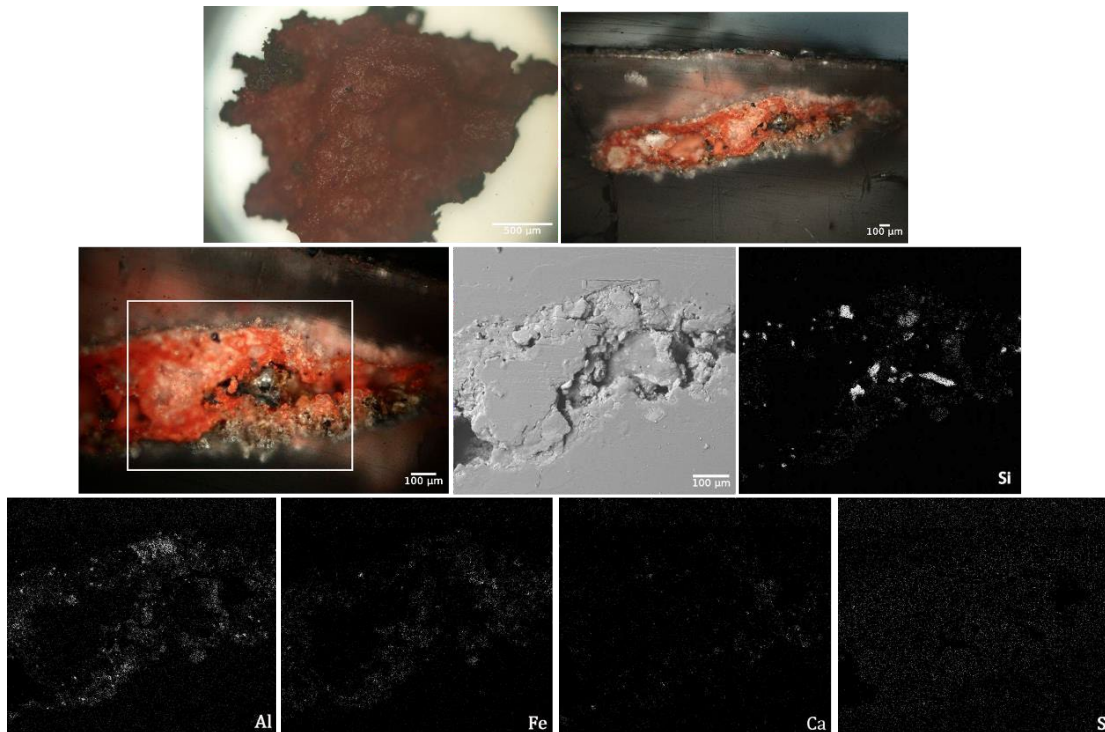


Figura 23. Muestra P09 en observaciones comparativas de sus elementos. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída junto a sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3 corresponden a la sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados, en magnificación 400x.

A partir de los resultados observados en la tabla 5 cabe destacar que el predominio del Si en los granos de mayor tamaño que se observan en la parte inferior de la mezcla podría corresponder a parte de la roca soporte tal como se observa en la figura 24. Mientras que en la proporción de pintura se observa una mayor variabilidad de elementos, presentando Si, Al y Fe, además de Mg, Ca y Ti como elementos secundarios en concordancia con lo registrado en la muestra MC01.

En relación con la presencia y distribución de Si mencionada, llama la atención ya que también podría corresponder a impurezas (cuarzo) del yeso y no sólo a parte del pigmento. Lo cierto es que la adición de yeso como carga no se ve representada químicamente en esta mezcla.

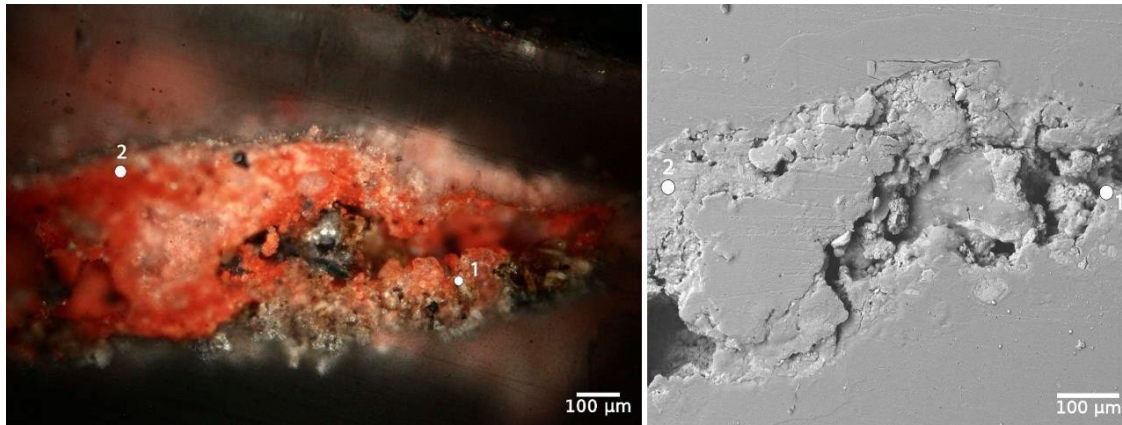


Figura 24. Imagen de microscopio óptico de la muestra P09 junto a imagen de electrones secundarios donde se señala en números el área medida.

Spot	Fe	Al	Si	Ca	Ti	Mg
1	0,59	3,95	41,99	x	x	x
2	8,51	7,68	28,33	1,16	0,85	1,36

Tabla 5. Composición química de las áreas señaladas en la figura 24. Se expresan en % de peso de cada elemento en relación con el total.

## 2. Muestra P05: *hematita+arcilla*.

Los análisis SEM-EDS indican Si, Al y Fe como los principales componentes en concordancia con la muestra control MC01. Sin embargo, a diferencia de ésta los resultados observados en la figura 25 indican un alto contenido de Si en relación con el resto de los elementos. Este se distribuye con mayor densidad por la mezcla y de manera heterogénea, concentrándose en granos de tamaños pequeños a medianos y en áreas pequeñas y puntuales en la muestra. Respecto al Fe y Al si bien se presentan en menor medida, estos se distribuyen por toda la mezcla de manera uniforme lo que se corresponde con los elementos estructurales observados para la hematita, por lo que inferimos que estos elementos corresponden al pigmento.

A partir de lo anterior y en relación con la carga utilizada, la mayor concentración de sílice distribuido de manera heterogénea podría indicar la presencia de la arcilla añadida, ya que esta se compone principalmente de Si y Al. Sin embargo, ante la baja presencia de Al inferimos que se trataría de una arcilla rica en sílice acompañada de otros elementos secundarios. Tal como se observa en la tabla 6 dentro de estos elementos se registró cobre (Cu) el cual no se evidenció en la muestra control MC01. Por lo que el Cu, entre otros elementos, podría corresponder a un elemento secundario o “impurezas” propias de la arcilla.



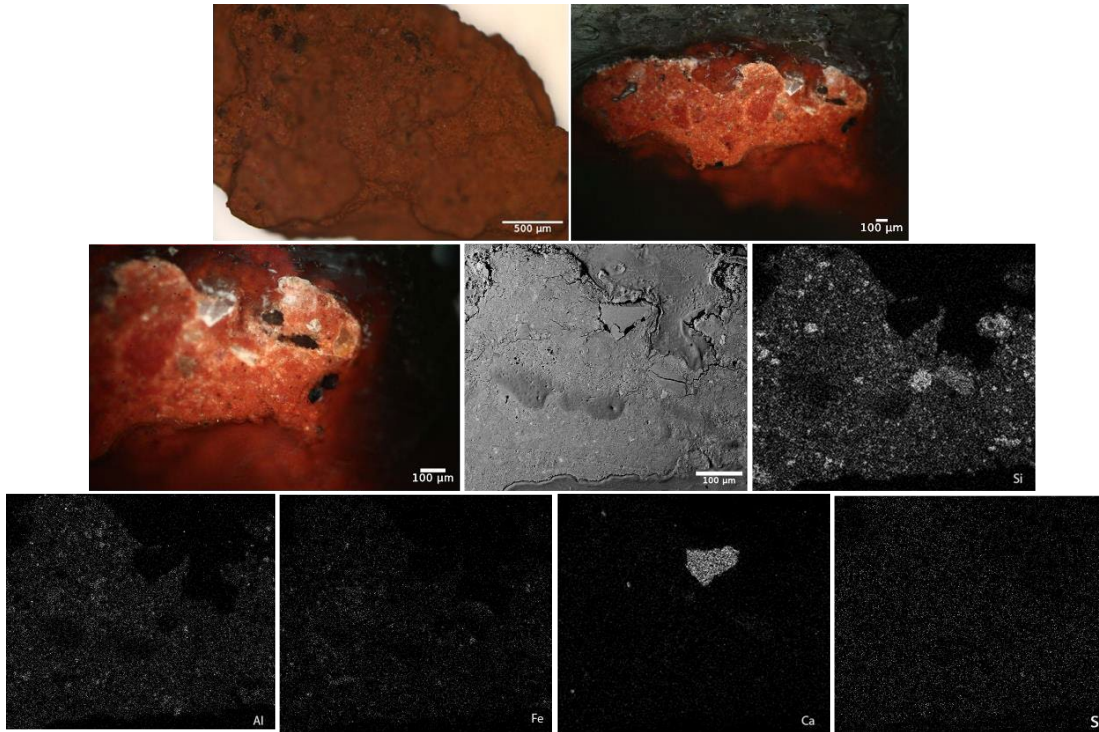


Figura 25. Muestra P05 en distintas observaciones. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída y luego su sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3 corresponden a imagen microscópica de la sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados en magnificación 400x

A través de las mediciones puntuales se abordaron las inclusiones oscuras que se observan en la figura 26, ya que la muestras con hematita en general se caracterizaron por la ausencia de estas. Los resultados expuestos en la tabla 6 muestran que las inclusiones son principalmente ricas en Si (spot 1) lo que apoyaría la idea de una arcilla rica en silicio. No obstante, se mantiene la presencia de elementos menores como el Mg, K y Na junto al Fe, propios del pigmento según lo observado en la muestra control 01. De esta manera, es difícil aseverar la intencionalidad de la presencia de arcilla.

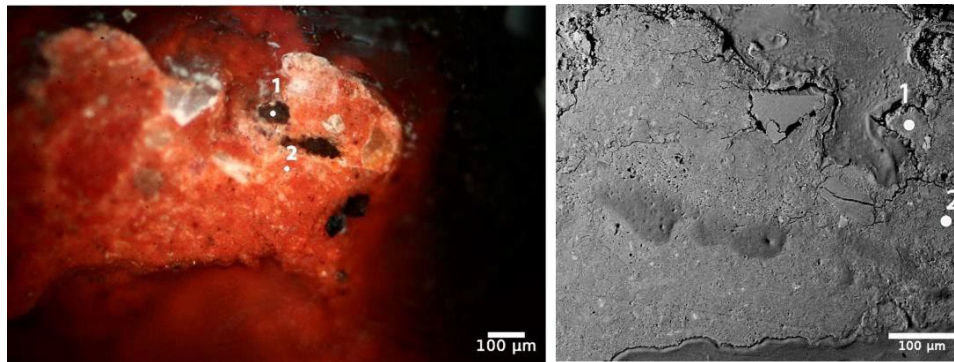


Figura 26. Imagen de microscopio óptico de la muestra P05 (izquierda) junto a imagen de electrones retro dispersados donde se señala en números el área medida.



Spot	Fe	Al	Si	Ca	Na	Cu	Mn	Mg	K
1	0,95	1,53	26,4	x	x	x	x	0,35	0,54
2	10,17	6,35	11,0	0,30	0,81	0,60	0,34	1,28	2,35

Tabla 6. Composición química de las áreas señaladas en la figura 26. Se expresan en % de peso de cada elemento en relación con el total.

### 3. Muestra P19: *hematita, cuarzo y carbón.*

Los resultados observados en la figura 27, indican una mezcla rica en Al, Si y Fe con predominio del Al tal como en la muestra original MC01. Este elemento se distribuye con mayor presencia en toda la mezcla, concentrándose en algunas áreas, pero manteniendo una granulometría homogénea. La presencia de Fe al igual que en las otras mezclas, es menor y su distribución es homogénea, mientras que el Ca continúa escaso.

La diferencia de esta mezcla radica en la presencia de Si que si bien se distribuye de manera tenue por la mezcla se concentra en inclusiones de tamaños y formas variables tal como se observa en la figura 27.

Referente a lo anterior y en relación con la carga añadida se reconoce en la figura una inclusión angulosa de gran tamaño, con alto contenido de Si que probablemente corresponda al cuarzo añadido como carga, ya que la muestra control exhibió una distribución más homogénea de este elemento. Asimismo, la inclusión se corresponde con lo observado en las mezclas con cuarzo en la microfotografía del análisis microscópico de la figura 27.

Con respecto a la presencia de carbón, como podemos observar en la figura es posible distinguirlo por la ausencia de elementos, es decir, por los espacios negros en las imágenes de electrones retro dispersados, esto debido a su bajo peso atómico al ser de naturaleza orgánica. Al comparar en la figura 27 el corte transversal con las imágenes de electrones, los espacios en negro se corresponden allí donde se encuentran las inclusiones de carbón. No obstante, su determinación no es del todo clara debido a la ausencia de otros elementos representados por otros espacios en negro. Por lo que este tipo de observación es sólo preliminar.

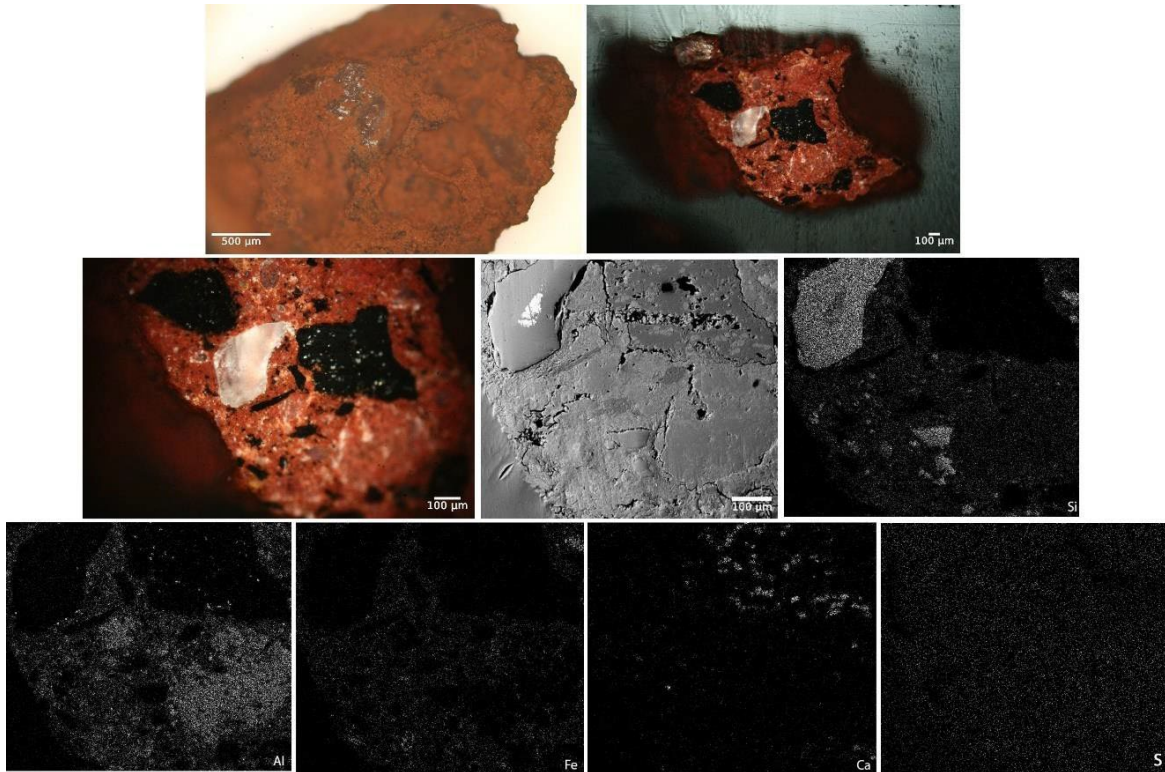


Figura 27. Muestra P19 en distintas observaciones. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída y luego su sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3, la primera corresponde a imagen microscópica de su sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados en electrones retro dispersados (BSE), magnificación 400x.

#### 4. Muestra P26: *hematita, yeso y carbón*

Tal como se observa en la figura 28 los resultados muestran una presencia de Al, Si, y Fe distribuidos de manera heterogénea en la porción de pigmento. El Al se distribuye por toda la mezcla incluyendo aquella área donde se presenta la inclusión de carbón, aunque de manera más tenue. El Fe se distribuye por la porción de pigmento, también de manera tenue pero homogénea. Mientras que el Si se distribuye de manera heterogénea concentrándose en algunos granos de tamaños medianos.

Con relación al Ca y S estos se presentan casi de manera imperceptible en la mezcla en general, por lo que no es posible asociarlos a la adición del yeso como carga. La presencia de carbón al igual que la muestra anterior se podría identificar por una ausencia de elementos químicos en las imágenes del mapeo tal como se observa en la figura 28

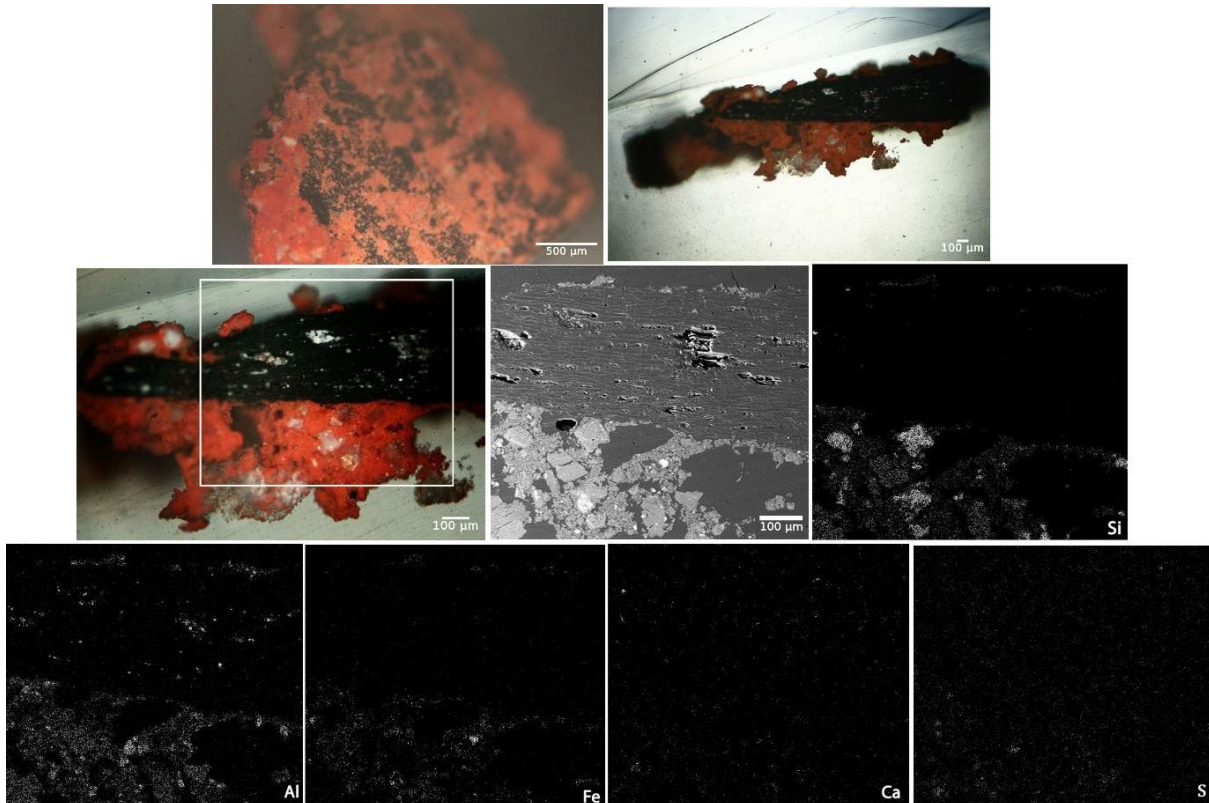


Figura 28. Muestra P26 en distintas observaciones. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída y luego su sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3, la primera corresponde a imagen microscópica de su sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados en magnificación 400x.

## b. Ocre

### 1. Muestra P18T: ocre y yeso

Los resultados muestran una mezcla compuesta de Si, Al, y Fe al igual que en la muestra control MC08. No obstante, al observar la figura 29 se registra una mayor presencia de Al que Si, elemento que prima en la muestra original. En esta mezcla el Si se presenta en baja densidad, pero abarca toda la muestra. Además, se concentra en algunas áreas lo que le otorga un aspecto heterogéneo a su distribución.

En relación con el Ca y el S que pueden dar luces de la carga añadida, su presencia es casi imperceptible, y en comparación con la muestra control es significativamente menor. Por lo que la presencia de estos elementos al igual que en las otras mezclas no esclarece la carga añadida en la experimentación.

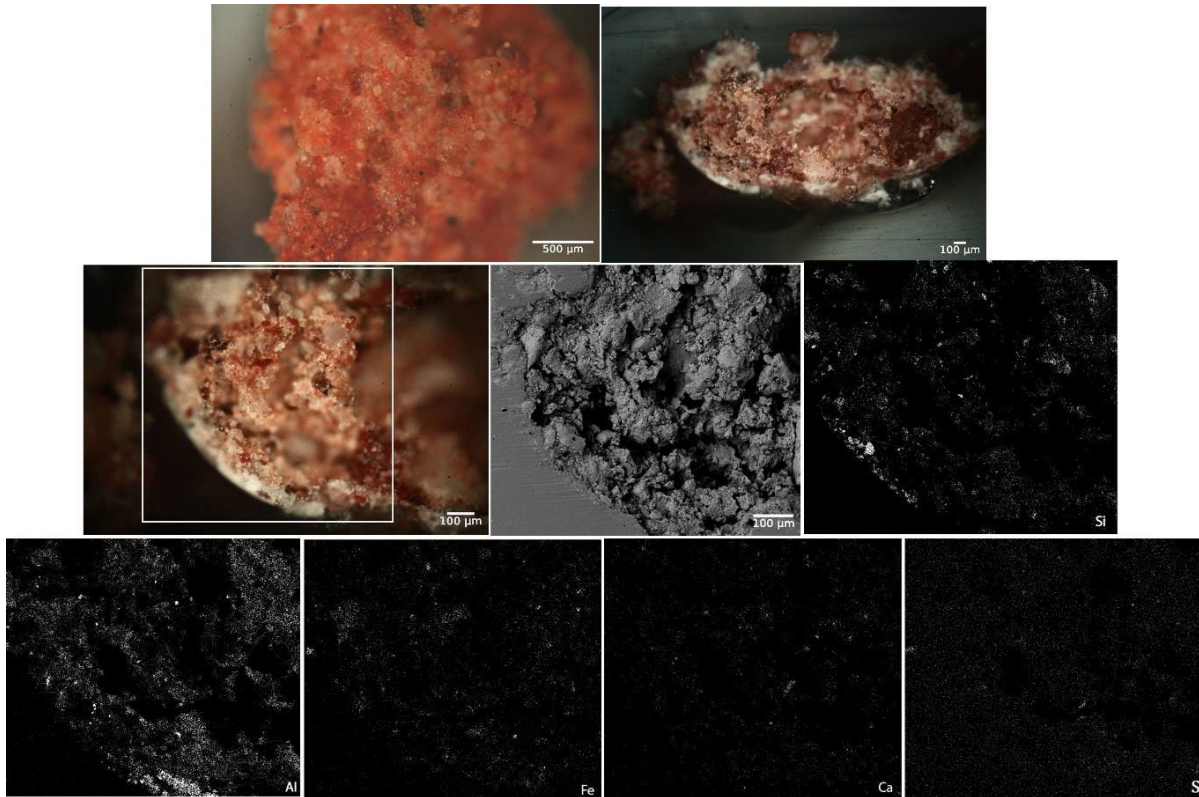


Figura 29. Muestra P18T en distintas observaciones. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída y luego su sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3 corresponden a imagen microscópica de la sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados magnificación 400x.

## 2. Muestra P30T: *Ocre, cuarzo y carbón*

Esta mezcla presenta características particulares, ya que se compone de una pequeña proporción de pintura junto a una espícula de carbón y una gran inclusión de cuarzo tal como se observa en la figura 30. El análisis elemental muestra que la proporción de pigmento se compone de Al, Si y Fe cuyas densidades y distribución presentan una mayor variabilidad en relación con la mezcla control.

El Fe si bien es tenue presenta homogeneidad en su distribución. En segundo orden se observa el Al con una distribución más heterogénea concentrándose además en un área de la mezcla. El Si es el elemento que destaca debido a que se concentra en una inclusión de gran tamaño que probablemente corresponda al cuarzo añadido en esta mezcla tal como se observa en la figura 30.



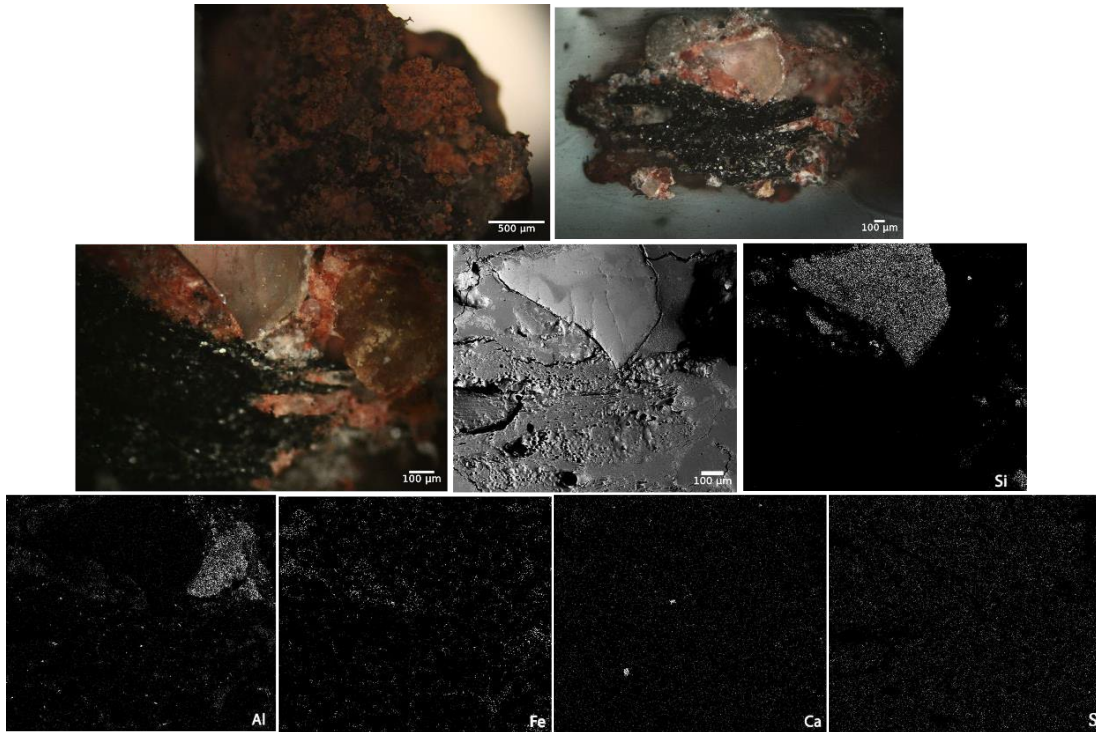


Figura 30. Muestra P30T en distintas observaciones. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída y luego su sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3 corresponden a imagen microscópica de la sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados, en magnificación 400x.

En relación con la presencia de carbón, al observar la figura 30 su presencia es más evidente que las observadas en el resto de las mezclas con este tipo inclusiones. Asimismo, el análisis puntual que se resume en la figura 31 (spot 2) advierte una posible presencia de este al detectar una menor variabilidad de elementos y en baja concentración (<1%) (ver tabla 7). Mientras que en la porción de pigmento (spot 1) se concentran en mayor proporción elementos propios de este como el Al, Si y el Fe. En la identificación de carbón también puede ayudar la morfología de su estructura ya que se observa una deshidratación de los poros producto del calor tal como se observa en la figura 31.

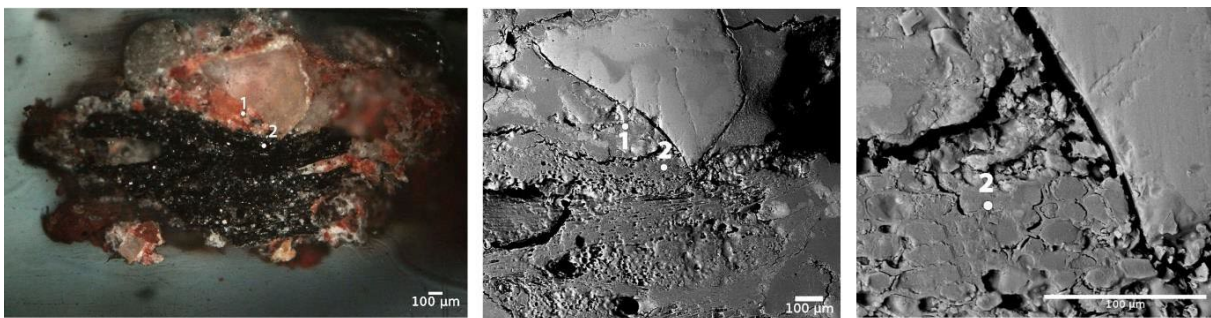


Figura 31. Imagen de microscopio óptico junto a 2 imágenes de electrones secundarios donde se señalan las áreas medidas.

Spot	Fe (%)	Al (%)	Si (%)	Ca (%)
1	0,21	0,86	2,30	0,66
2	x	0,23	x	0,16

Tabla 7. Composición química de las áreas señaladas en la figura 31. Se expresan en % de peso de cada elemento en relación con el total.

### 3. Muestra P30M: ocre, cuarzo, carbón

Los resultados expuestos en la figura 32 indican un predominio de Si y Ca, siendo escaso el Al a diferencia de lo registrado en el muestral control. En las imágenes se reconoce una distribución heterogénea del Si concentrándose en distintas inclusiones de morfología angular y de tamaño medio que se distribuyen por la mezcla. Dada las características observadas en el resto de las mezclas estas inclusiones más angulosas podrían corresponder a parte del cuarzo añadido como carga.

Por otra parte, es necesario destacar la presencia de Ca ya que este elemento ha presentado hasta el momento una mayor variabilidad en las mezclas con ocre. En esta mezcla, se presenta concentrando en algunas inclusiones de tamaños variables y de morfología variables distribuidos en toda la mezcla. Estas características en conjunto nos llevan a pensar que el Ca corresponde a parte del pigmento, ya que en esta mezcla no fue añadido yeso. Lo que llevaría a cuestionar en parte la representatividad de las muestras.

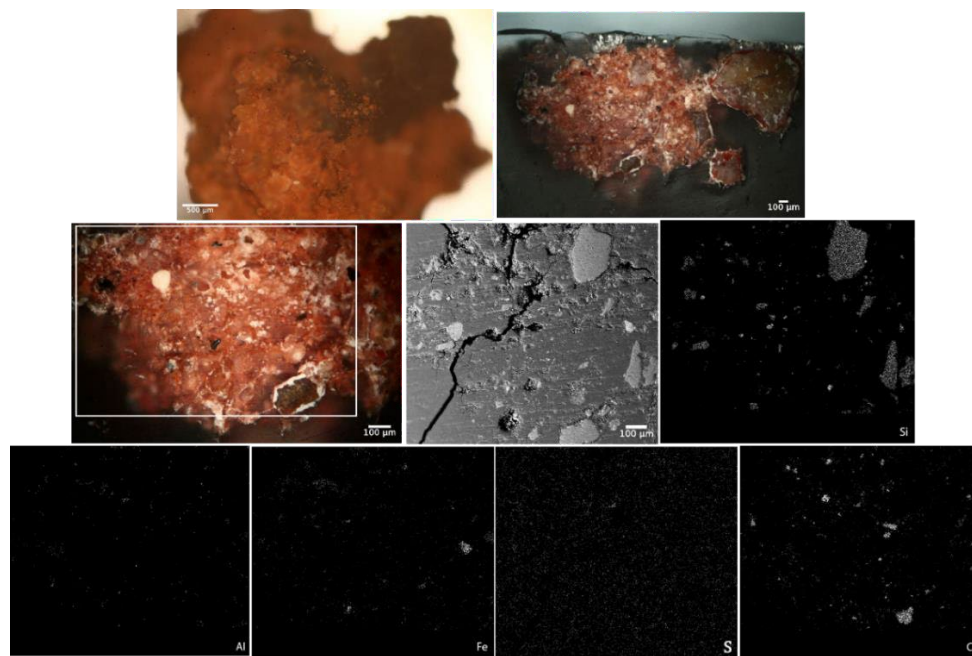


Figura 32. Muestra P30M en distintas observaciones. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída y luego su sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3 corresponden a imagen microscópica de la sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados, en magnificación 400x.

#### 4. Muestra P31M: ocre, arcilla y carbón

En esta mezcla se observa Si, Al y Fe en concordancia con la muestra control. Tal como se observa en la figura 33, existe un predominio de Si, éste se distribuye por toda la mezcla, concentrándose sobre el área en que se observa una inclusión probablemente de cuarzo como se exhibe en la imagen microscópica. Cabe destacar que la carga agregada fue arcilla, por lo que probablemente este cuarzo forma parte del pigmento ocre. El Al le sigue en presencia y aunque se observa más tenue, se distribuye de manera homogénea por toda la mezcla.

Con respecto a ambos elementos (Al y Si) y su relación a la carga agregada podemos mencionar que probablemente la mayor presencia de sílice distribuido en distintas concentraciones sea parte de la arcilla añadida, y que la menor presencia de Al se deba a la naturaleza de una arcilla rica en silicatos tal como se observó en la muestra P05. No obstante, los análisis puntuales registrados en la tabla 8, también confirman un contenido mayor de Al y Si en la porción de pintura (spot 2) acompañada de elementos como el Mg, K y Ca propios de los observados para el pigmento ocre, por lo que la hipótesis de la arcilla no es concluyente.

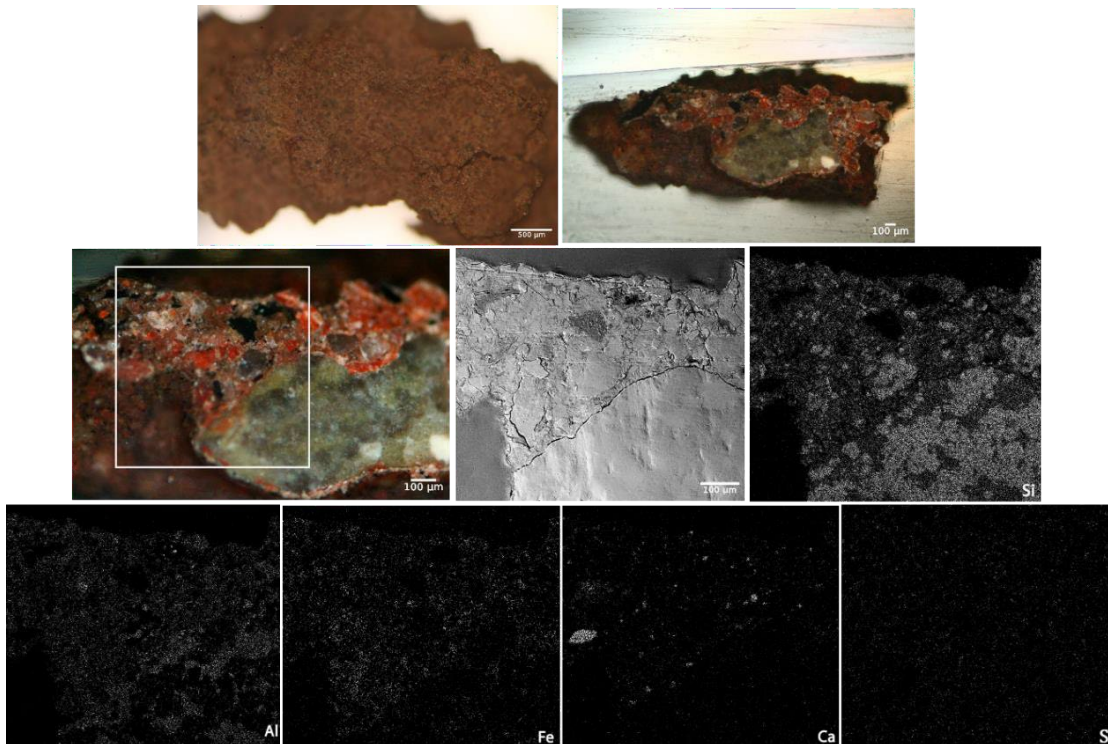


Figura 33. Muestra P31M en distintas observaciones. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída y luego su sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3 corresponden a imagen microscópica de la sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados, en magnificación 400x.



En relación con el resto de los elementos, cabe destacar nuevamente la presencia de Ca. Este elemento se observa en pequeñas concentraciones que se distribuyen principalmente por la porción de pigmento de la mezcla, lo que apoyaría la idea de que es parte del pigmento. Mientras que la presencia de carbón, al observar la figura 33 es menos evidente que en otras muestras, principalmente por el menor tamaño de las inclusiones, por lo que su presencia no es concluyente.

Por otra parte, los análisis puntuales presentados en la tabla 8 corroboran el alto porcentaje de Si (spot 3). Este se corresponde con la inclusión probablemente de cuarzo que se observa con mayor detalle en la figura 34. Mientras que la posible espícula de carbón (spot 1) presenta porcentajes menores en todos los elementos identificados lo que se condice con lo observado en otras mediciones para carbón.

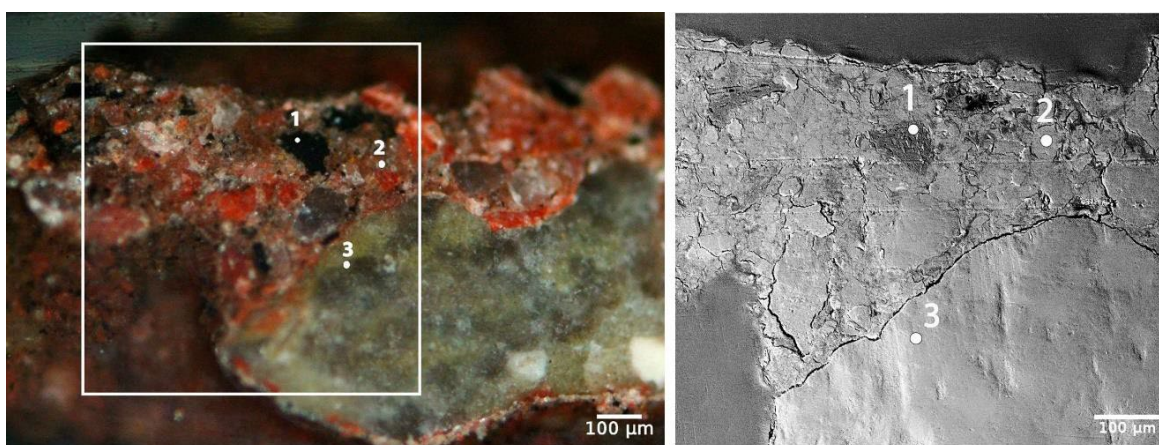


Figura 34. Detalle de observación microscópica junto a imagen de electrones secundarios donde se señalan las áreas medidas.

Spot	Fe	Al	Si	Ca	Na	Mg	K
1	0,55	0,72	1,03	0,62	x	x	0,45
2	5,32	8,86	18,70	0,70	1,10	0,55	2,13
3	1,15	4,84	40,80	x	x	x	1,74

Tabla 8. Composición química de las áreas señaladas en la figura 34. Se expresan en % de peso de cada elemento en relación con el total.

##### 5. Muestra P35M: ocre, yeso, carbón.

Los resultados observados en la figura 35 muestran un predominio de los elementos Si, Al y Fe en concordancia con la muestra control. Tal como se observa en la figura, el Si y Al se distribuyen por toda la mezcla siendo el Si el que marca mayor presencia. Este se distribuye de manera heterogénea concentrándose en algunas áreas de la mezcla mientras que el Al se distribuye de manera homogénea por la muestra.

En relación con el Ca y el S y su relación con la carga agregada, el Ca se observa concentrado en algunos granos pequeños, que se distribuyen por la mezcla mientras que



la presencia de S es menor, aunque aparece levemente concentrado. No obstante, la baja intensidad de ambos elementos no es determinante para asociarlo a la adición de yeso. Con respecto al carbón, debido al tamaño de las partículas no es posible aseverar que fue añadido a la mezcla, ya que es imperceptible en las imágenes.

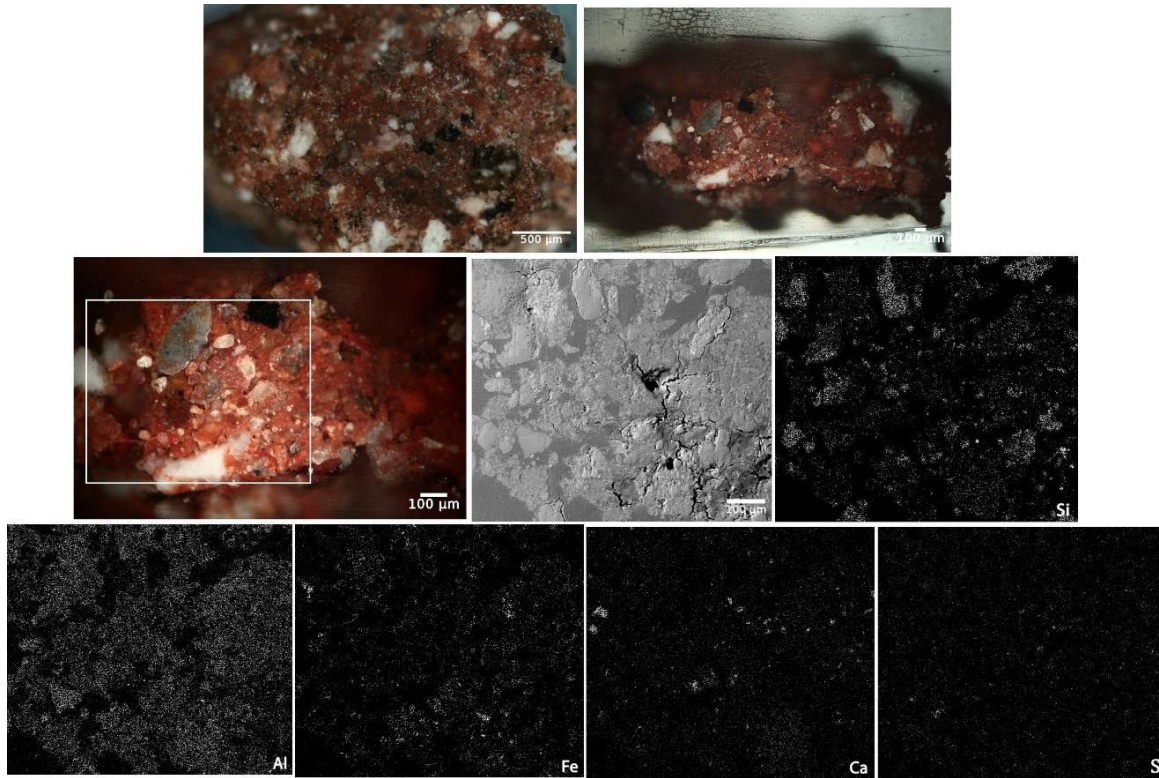


Figura 35. Muestra P35M en distintas observaciones. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída y luego su sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3 corresponden a imagen microscópica de la sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados, en magnificación 400x.

#### 6. Muestra P36 T: *ocre, yeso y carbón*.

En concordancia con la muestra control los resultados muestran en la figura 36 una alta presencia de Si y Al. El Si se concentra en algunas zonas de la mezcla otorgándole una apariencia heterogénea a la mezcla. Mientras que el Al, se distribuye de una manera más homogénea. La presencia de Fe por su parte se mantiene baja y homogénea.

Con respecto a los elementos indicativos de las cargas agregadas, yeso y carbón. La figura 36 muestra el Ca concentrado en inclusiones de tamaño medio ubicadas hacia la periferia de mezcla que podrían corresponder a parte del yeso agregado ya que, es la única muestra que ha registrado concentraciones más elevadas de este elemento. No obstante, al ser escasa la presencia de S, dicha concentración de Ca sea propia del pigmento. Por lo que la presencia de yeso no es concluyente. En relación con el carbón si bien se agregó en esta mezcla, no es posible inferir su presencia, ya que el tamaño de las espículas es mucho menor en comparación con el resto de las mezclas en las que sí se pudo identificar.

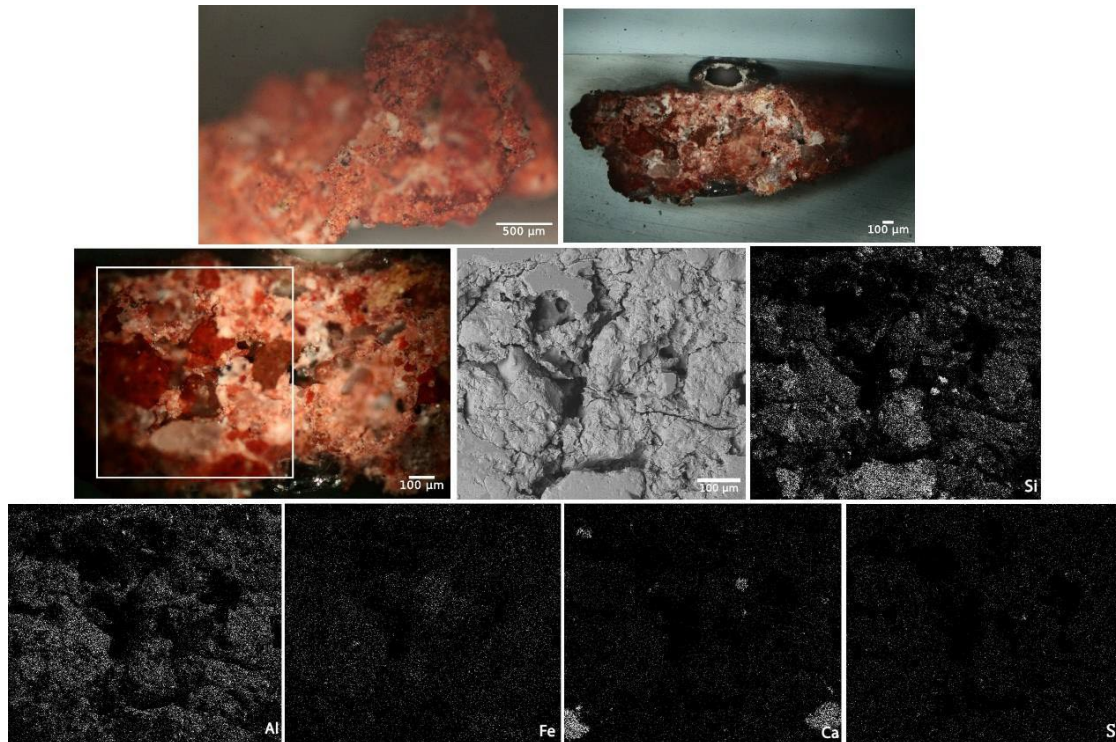


Figura 36. Muestra P36T en distintas observaciones. Fila 1 corresponde a la observación con microscopio óptico de la muestra extraída y luego su sección transversal, en aumento 5x. Fila 2 y 3 corresponden a imagen microscópica de la sección transversal en aumento 10x y el resto corresponden a las imágenes de mapeo de elementos químicos identificados, en magnificación 400x.

#### 6.4.3 Síntesis

Los resultados del SEM-EDS indican una baja variabilidad de los componentes de las mezclas pigmentarias. En general independiente del tipo de pigmento utilizado las mezclas se componen de una matriz rica en aluminio, silicio y hierro, siendo este último de menor presencia. No obstante, debido a la composición y densidad de los elementos obtenidos a través de las muestras control podemos aseverar que se tratan de dos materias primas de naturaleza diferente lo cual es relevante ya que confirma que la elección diferenciada de pigmentos en la experimentación tiene una visibilidad elemental. Por una parte, tenemos una arcilla con inclusiones aisladas principalmente ricas en Si, que corresponde al pigmento hematita y un "ocre" en el que se combinan principalmente aluminosilicatos con una mayor conjugación de inclusiones como las de Ti y Ca. Asimismo, la hematita presentaría una mayor presencia de hierro que el pigmento ocre lo que en parte explicaría las diferencias e intensidad del color. Sin embargo, como conscientes de que la visibilidad de la práctica es baja debido a la presencia de aluminosilicatos en ambas mezclas.

En la práctica que fue posible evidenciar una mayor variabilidad fue al observar los resultados a la luz de la adición de cargas. De esta manera, se reconoció la presencia de cargas en 5 de las 10 de mezclas observadas a través de su forma y tamaño.

El cuarzo se pudo reconocer en la totalidad de las mezclas en que fue agregado (N=3) a partir del reconocimiento de inclusiones ricas en silicio que se presentaban de manera aisladas, de tamaños grandes a medios y de morfología angular.

En relación con la arcilla, los resultados no fueron concluyentes. De las mezclas observadas sólo 1 presentó una mayor densidad de sílice disperso lo que podría indicar una arcilla rica en este elemento. No obstante, al ser los pigmentos ricos en aluminosilicatos, no fue posible distinguir con claridad la carga del pigmento.

Referente al yeso, ninguna de las mezclas fue concluyente ya que el Ca se mostró tenue y con mayor variabilidad en su distribución y forma, por otra parte, no se logró detectar el S debido probablemente a su escasa presencia. Por lo que suponemos que el Ca en las mezclas corresponde a un elemento secundario propio de los pigmentos, particularmente del ocre.

Frente a la baja visibilidad de estas cargas, nos preguntamos si la baja visibilidad de la práctica se deba a la cantidad agregada o la concentración de estos elementos en otras partes del trazo. Por lo que también cabe preguntarnos sobre la representatividad que tienen las muestras en general para determinar el uso de cargas o para determinar prácticas tecnológicas en general.

Con respecto a la identificación de carbón es necesario destacar que los análisis SEM, no determinan la naturaleza de los materiales orgánicos, pero sí se pueden observar mediante contraste químico, es decir, se observan espacios oscuros por su peso atómico. No obstante, es debido a este bajo peso atómico del carbono que la medición mediante el SEM no sea confiable. En este sentido, de las 6 mezclas en que se agregó carbón se pudo identificar en 3 mediante contraste químico. Sin embargo, esto sólo fue posible en las muestras que presentaban espículas de mayores tamaños (>300  $\mu\text{m}$ ) y que pudieran ser contrastables con las fotografías de microscopía óptica. También, fue posible de identificar según la estructura de la partícula, ya que las inclusiones orgánicas sometidas al calor presentan poros deshidratados como se observó en la muestra P30T.

Por lo tanto, el observar estos resultados a la luz de las prácticas tecnológicas, evidenciamos que la adición de cargas fue la práctica que tuvo mayor visibilidad. Esta visibilidad estuvo determinada por el tamaño y forma de las inclusiones y la concentración de ciertos elementos. No obstante, el cuarzo fue la única carga evidente través del tamaño y la forma de las inclusiones con una alta concentración de Si. A su vez, estas características se condicen con las observadas en el procesamiento de esta carga durante la experimentación.

## 7. DISCUSION

### 7.1 De la experimentación a las prácticas tecnológicas.

En principio, es necesario precisar que la discusión generada aquí toma dos resguardos teórico-metodológicos en la lectura de los resultados. El primero corresponde a la ausencia de una identificación mineralógica que permitiera asegurar la identificación elemental de las materias primas utilizadas, y en segundo lugar y de manera transversal, los resultados son interpretados y discutidos reconociendo la brecha temporal de las pinturas experimentales. Este punto es de suma importancia ya que evita la tendencia a los anacronismos y nos recuerda la influencia del tiempo en los cambios y transformaciones de las pinturas (Reeves, 2010).

Quizás uno de los principales resultados de este trabajo es la homogeneidad y baja variabilidad que presentan los análisis elementales de las mezclas pigmentarias por lo que esta discusión, por una parte, gira en torno a la posibilidad que tienen las prácticas tecnológicas de reflejarse en los análisis arqueométricos utilizados, conjugando las limitaciones metodológicas y las dimensiones que se han planteado también para las pinturas arqueológicas. Y, por otra parte, nos llevan a discutir las características materiales registradas en los resultados de la observación microscópica a partir de los indicadores propuestos en la metodología permitiéndonos de esta manera evaluar su potencial en la visibilidad de determinadas prácticas.

Los resultados microscópicos indicaron que dentro de las prácticas tecnológicas evaluadas el procesamiento de los pigmentos y cargas, y la adición de estas últimas fueron las que generaron mayores conjeturas con respecto a su visibilidad. En este sentido, los resultados revelaron que el potencial de manipulación y la adherencia de las mezclas dependieron en parte del tamaño de los granos de cada uno de estos componentes. En concordancia con las propuestas de algunas investigaciones evidenciamos que el tamaño de los granos de las materias primas puede determinar las capacidades adhesivas de las pinturas, cambiar las texturas, su consistencia y así proporcionar una mejor cobertura (Chalmin & Vignaud, 2003; de Balbín Behrmann & González, 2009; Marshall et al., 2005). En relación con el color de los pigmentos según su procesamiento, se desestimó que éste estuviera determinado por el tamaño de los granos ya que la tonalidad de los pigmentos se basó también en las cargas añadidas y en la presencia de hierro (Hodgskiss, 2010; Mata, 2016).

En particular, la práctica de procesamiento de los pigmentos se pudo reconocer comparativamente a través de las diferencias granulométricas y de texturas generando dos tipos de mezclas, las en base hematita raspada y las mezclas en base a ocre. Respecto a este último procesamiento como mencionamos anteriormente, no se pudo determinar diferencias entre el ocre tamizado y el molido. En este sentido, las mezclas con hematita presentaron una tendencia hacia texturas finas y granulometría homogénea, mientras que las en base a ocre exhibieron texturas gruesas y granulometría heterogénea. No obstante, estos resultados evidenciaron que la granulometría observada en el ocre estuvo determinada per se por la naturaleza heterogénea del pigmento, por lo que su procesamiento sólo se pudo afirmar en comparación con la hematita. De esta manera, nos

preguntamos si las características granulométricas de ciertos minerales pueden superar las limitaciones interpretativas al estar determinadas por los distintos procesos de formación (Cortell, 2016), es decir, hasta qué punto es posible evidenciar las diferencias naturales de las antrópicas sin tener un conocimiento previo de éstos.

Referente al procesamiento de las cargas, esta práctica estuvo sujeta a la naturaleza de las materias primas. En este sentido, la visibilidad del procesamiento a nivel macro y microscópico estuvo determinada por la observación de inclusiones y las diferencias de tamaño, siendo identificadas con mayor frecuencia sólo las de mayor tamaño como son las de cuarzo y carbón. De esta manera, la diferenciación de las cargas de menor tamaño presentó una mayor dificultad al momento de segregaras de aquellas propias de los pigmentos. En menor medida el procesamiento también se evidenció a través de la variabilidad morfológica siendo los granos amorfos los principales seguidos de los subangulares. Esto también determinó la composición heterogénea de las mezclas en base a ocre.

Los resultados también mostraron que la visibilidad de la adición de cargas se pudo abordar a través de los indicadores propuestos para la caracterización de las inclusiones, siendo el color, el campo más indicativo de la práctica. Con respecto al indicador de la distribución de estas, que ha sido frecuentemente utilizado para evidenciar la intencionalidad de la práctica, no se evidenció un patrón de ordenamiento de las inclusiones, sino que los granos mostraron una tendencia a la dispersión al interior de las mezclas.

Con relación a lo anterior, investigaciones han propuesto que “una mezcla natural de elementos mostrará una distribución más homogénea de los diferentes elementos presentes. En cambio, en una mezcla artificial la materia colorante es hallada de forma heterogénea” (Sepúlveda, 2011, p.203). A partir de los resultados sugerimos que la diferenciación entre mezclas culturales y naturales debiera superar las limitaciones que se encuentran en la distribución de los componentes de las pinturas e integrar un mayor corpus de cualidades materiales que permitan caracterizar sus transformaciones a través de variables como el tamaño, la forma y color de las materias primas.

Ciertas investigaciones han abordado las técnicas pictóricas a la luz del tamaño de los granos demostrando su ventaja metodológica (Marte et al, 2011, 2013). No obstante, son escasas las que han sistematizado las características métricas de los pigmentos que permitan probar medidas estándar para comparar y diferenciar ciertos minerales o inclusiones, lo que ha llevado a interpretaciones de intencionalidad poco claras (Chalmin & Vignaud, 2003; Clottes et al., 1990; Vignaud et al., 2006). En función de lo anterior y en base a los resultados, planteamos que el tamaño por sí mismo es una variable de difícil interpretación, ya que algunos minerales pueden ser muy finos naturalmente siendo complejo realizar alcances sobre los procesos de preparación únicamente a partir del tamaño (Bonneau et al., 2012).

A partir de lo anterior, planteamos que el tamaño de las inclusiones sin un parámetro de comparación puede ser insuficiente al momento de abordar la visibilidad del procesamiento ya que es una acción mecánica que puede variar según la naturaleza de la materia prima, las herramientas utilizadas, la fuerza ejercida y los resultados esperados. A su vez, esta

variable puede estar determinada por las cualidades de las fuentes de aprovisionamiento, por su preferencia, proximidad o la inversión de trabajo que le signifique su procesamiento (Fiore, 2007). Bajo esta perspectiva probablemente materias primas de grano fino podrían ser mayormente utilizadas mientras que otras como el cuarzo tengan una menor probabilidad de uso debido a su dureza y tamaño. No obstante, pese a su dureza es una de las cargas que ha estado frecuentemente en las discusiones sobre intencionalidad en las pinturas rupestres (Chalmin & Huntley, 2017).

De acuerdo con lo anterior, evidenciamos que el tamaño de las inclusiones también puede ser reflejo de las dificultades técnicas que surgen de la naturaleza de las materias primas y que deben ser sorteados a través de diferentes prácticas o estrategias de procesamiento (de Balbín Behrmann & González, 2009; Gómez et al., 2014). Asimismo, también somos conscientes que “muchas de las cualidades materiales se encuentran profundamente arraigadas en los propios procesos sociales de producción que llevaron a su existencia” (Fiore, 2020, p.1) y no necesariamente responden a la naturaleza de las materias primas.

A partir de la experimentación sabemos que el procesamiento estuvo sujeto al conocimiento y habilidades en la manipulación de las materias primas, es decir, si el ocre o el cuarzo hubieran sido sometidos a mayor tiempo molienda, mayor fuerza de aplastamiento o se hubiese tenido un mayor conocimiento sobre los aglutinantes, cabe preguntarse si estas acciones habrían incidido en la visibilidad de las prácticas. En este sentido, coincidimos en que el saber- hacer (*know-how*) es una dimensión humana intrínseca en todo proceso tecnológico (Lemonnier, 1986, 1992). Esta investigación es ilustrativa de ello, ya que si bien todas las mezclas fueron viables de ser pintadas gran parte de estas debieron ajustarse a diversos parámetros técnicos en las distintas etapas de las cadenas operativas, ya que no se contaba con la expertiz.

Por otra parte, esta investigación es consciente de que las pinturas desde el momento de su producción se ven afectadas por distintos procesos de degradación que alteran la visibilidad de ciertos aspectos físicos, los cuales transforman o merman el potencial informativo de los procesamientos (Chalmin et al., 2017; Gómez et al., 2014). Entre estos se han identificado la fuerza del agua que aumenta o contrae los minerales, la presión hidráulica y la eliminación de ciertos granos de las pinturas (Chalmin et al., 2017). Asimismo, pueden estar supeditadas a aspectos que escapan de los análisis químicos como los económicos, ideológicos y cognitivos, por ello siempre es necesario integrar los resultados en escalas de análisis complementarias y ampliar la discusión teórica hacia otras dimensiones de la actividad humana (Fiore, 2007). Sin embargo, no intentamos hacer una discusión tautológica sobre la expresión material de los procesamientos, sino poner en discusión que no es apropiado tratar laxamente evidencias materiales de las pinturas que tienen una baja visibilidad, como en el caso del procesamiento del ocre, ya que el hecho de que no se evidencien íntegramente no significa que no se hayan realizado (Gheco et al., 2020).

En términos metodológicos, al intentar observar y definir las características morfológicas de los pigmentos en las muestras control MC01 y MC08 mediante el análisis SEM-EDS, fue inevitable enfrentar dificultades debido a la variabilidad de los tamaños de las partículas y



la irregularidad de las formas que presentan. En este sentido, las imágenes de electrones retro dispersados obtenidas no son concluyentes del procesamiento de los pigmentos. Esto se debe en parte a la naturaleza de las muestras, a la alta concentración de aluminosilicatos y la baja magnificación de la observación (3000x). Mientras que, en la observación morfológica de las cargas, sólo fue posible identificar los granos de mayor tamaño y de morfología angular como los de silicio. Por lo tanto, es necesario complementar con otro tipo de técnicas que permitan visualizar la estructura de los minerales como la difracción de rayos X (XRD), que ha sido mayormente utilizada para diferenciar mezclas naturales de las humanas (Chalmin & Vignaud, 2003). Los análisis SEM-EDS, también presentan algunas limitaciones cuando la presencia de elementos es alta en una capa de pigmento, ya que no es posible individualizar y distinguir con facilidad la morfología de los minerales (Bonneau et al., 2012). Por otra parte, el SEM posee bajo niveles de detección para algunos elementos que son recurrentes y de alto interés en las pinturas rupestres como las arcillas (Sepúlveda, 2016).

En base a lo anterior, nos preguntamos si el uso del SEM es el más apto para evidenciar prácticas como el procesamiento de las materias primas, ya que, si bien ha sido ampliamente usado en la tecnología de la producción de pinturas, las investigaciones relacionadas con el procesamiento han sido escasas y poco concluyentes (Bonneau et al., 2012; Chalmin et al., 2004; Chalmin & Vignaud, 2003; Clottes et al., 1990; Marshall et al., 2005; Vignaud et al., 2006).

En relación con la visibilidad de las cargas añadidas, los resultados SEM indican una baja variabilidad de los componentes relacionados con su identificación. En términos generales no se observaron diferencias elementales significativas entre las cargas y los pigmentos, ya que las mezclas se caracterizaron por una estructura rica en aluminio, silicio y hierro, por lo que ambos pigmentos corresponden a aluminosilicatos o arcillas con inclusiones en distintas proporciones. Si bien en particular algunas muestras registraron diferencias según el tipo de pigmento utilizado, en donde las mezclas en base a hematita registraron una abundancia de aluminio, mientras que las con ocre registraron mezclas ricas en silicio, esta visibilidad fue baja para identificar el uso de uno u otro pigmento.

A partir de lo anterior, evidenciamos que el uso diferenciado de los pigmentos no tuvo la visibilidad esperada en los análisis SEM, ya que aspectos tecno-visuales observados mediante la microscopía óptica como la textura, morfología y tamaño de los componentes (Fiore, 2020) se subyacen en una composición química similar y en imágenes poco resolutivas. A pesar de que existe la probabilidad de precisar la información mediante un análisis mineralógico y cuantitativo, estos resultados nos plantean nuevamente los cuestionamientos sobre el alcance que tienen las técnicas arqueométricas para visibilizar aspectos tecnológicos de las cadenas operativas como la adquisición, selección y elección de las materias primas, así como la intencionalidad humana como la expresión del color (Fiore, 2007, 2020).

Quizás los resultados referentes a la práctica de la adición de cargas son los más ilustrativos en esta discusión ya que, si bien no contamos con una identificación mineral, los resultados revelaron una baja variabilidad en las concentraciones, tamaños y distribución de los elementos indicativos de su presencia como el Ca, S, Si y el Al que exhibieran la intencionalidad de la práctica. Asimismo, ciertos elementos se ven eclipsados en este tipo de análisis debido a su naturaleza, como el carbón que al ser orgánico su detección es baja, no obstante, esto no implica que no exista intencionalidad. En base a lo anterior estos elementos con baja concentración, no pueden ser tratados indistintamente como cargas, contaminación o impurezas (Chalmin & Vignaud, 2003; Clottes, 1996; Garate & Menu, 2004), ya que se estaría soslayando la intencionalidad de la práctica.

A partir de estas observaciones en que el uso de las cargas se ve sesgado, planteamos que la metodología de identificación elemental parece insuficiente para determinar la intencionalidad de su presencia. Sin embargo, estos resultados abren espacio a otras inquietudes como la baja cantidad utilizada y la representatividad de las muestras que podrían afectar la visibilidad de las cargas. Debido al carácter exploratorio de esta investigación, esperamos que estas inquietudes puedan ser consideradas y profundizadas en futuras investigaciones.

En el caso de las cargas que pudieron dar algunas pistas sobre la visibilidad de su uso, sólo aquellas que presentaron altas concentraciones de silicio evidenciaron la presencia de cuarzo en las mezclas en que fue añadido. Con relación a la arcilla las distintas concentraciones de Si que presentaron algunas mezclas también fueron indicativas. Sin embargo, la morfología y tamaño de sus granos no pudieron ser identificadas mediante el SEM. Esto se debe en parte a la naturaleza de la arcilla, ya que debido al pequeño tamaño de sus partículas resulta de difícil identificación constituyendo un desafío metodológico. En general para superar esta situación, se han utilizado los análisis TEM que se enfocan en las estructuras mineralógicas de compuestos de difícil detección (a escala nanométrica) (Sepúlveda, 2021).

El problema de las cargas continuará latente al no tomar en consideración aspectos económicos y sociales que rebasan a las pinturas como la inversión de trabajo que implica moler una carga, la proximidad de las fuentes de aprovisionamiento y las preferencias por cierto color, textura y brillo (Fiore, 2007, Fiore 2020). Trabajos etnoarqueológicos sobre las pinturas han evidenciado que, para alcanzar cierto color se pueden combinar dos tipos de pigmentos específicos, diferentes y distantes de sus lugares de recolección (Bonneau et al., 2012). Estos aspectos quedarían sesgados al intentar forzar el carácter intencional de las cargas.

Por otra parte, es necesario señalar que la tendencia a visibilizar las cargas en las pinturas recae en un problema teórico ya que en general se ha planteado una complejización del proceso pictórico como un “mapa mental” que implica la selección de ciertas materias primas y tratamientos específicos que pueden ser traducidos a través de la caracterización de los componentes principales (Garate & Menu, 2004). En este sentido, el concepto de



carga ha tomado un rol como parámetro de antropización de las pinturas (Chalmin et al., 2004; Chalmin & Vignaud, 2003; Clottes et al., 1990; Vignaud et al., 2006). Bajo esta lógica conceptual, esto se debe en parte a la definición convencional de una pintura como plantea Fiore (2020) “que ha impregnado la arqueología del arte durante algún tiempo, haciéndola demasiado interpretativa, idealista y descontextualizada” (p.483). A partir de lo anterior, coincidimos en que el protagonismo que se le dio a la idea de carga como parte intencional de una pintura (Chalmin et al., 2004; Clottes et al., 1990; Menu & Walter, 1992; Vignaud et al., 2006) pierde toda fuerza cuando aún no se cuenta con una metodología que permita discriminar lo intencional en las mezclas pigmentarias (de Balbín Behrmann & González, 2009).

Al igual que lo propuesto para los pigmentos la presencia de las cargas debe revisarse a la luz de los procesos tafonómicos ya que la visibilidad de los elementos químicos está expuesta a los cambios y transformaciones que los minerales sufren con el paso del tiempo (Chalmin et al., 2017; Gómez et al., 2014). Dentro de estas, existen minerales que se acumulan sobre y entre las pinturas como son las acreciones de yeso, calcita, hollín e incluso componentes biológicos como líquenes que se han identificado en una alta presencia de oxalatos de calcio (weddelita), alterando la visibilidad de los compuestos químicos de las pinturas (Bonneau et al., 2012; Chalmin et al., 2017). De esta manera y a partir de la experimentación planteamos que es necesario contar con análisis mineralógicos previos de los minerales presentes en los contextos de producción de pinturas rupestres, ya que estos están sujetos a constantes procesos de formación y transformación (Cortell, 2016).

Los resultados así expuestos, nos llevan a plantear que el concepto de carga necesita una mayor trayectoria metodológica que permita aminorar las especulaciones con respecto a la intencionalidad humana de ciertos componentes. Y, por otra parte, que los análisis arqueométricos pueden presentar ciertas limitaciones cuando se trata de abordar conceptos complejos como el de carga. No obstante, también somos conscientes de que el potencial de las técnicas fisicoquímicas aplicadas recientemente en esta parte del territorio probablemente no ha sido lo suficientemente explotado en el estudio de las pinturas rupestres (Gheco, et al, 2020).

En relación con la visibilidad de las prácticas de aplicación, los estudios arqueométricos han sido escasamente desarrollados. Sin embargo, la información que han proporcionado con respecto a la composición de las pinturas ha significado un avance en la comprensión de su aplicación (Chalmin et al., 2004; Chalmin & Vignaud, 2003; Landino, 2020). Los resultados de esta investigación muestran que las mezclas que fueron aplicadas digitalmente presentaron una menor cantidad de inclusiones de mayor tamaño que las aplicadas con pincel. Esto podría corresponder a una expresión tecno-visual del uso de uno u otro medio de aplicación (Fiore, 2007, Fiore 2020). Es decir que el uso del pincel tiene su expresión material al arrastrar una menor cantidad de granos a diferencia del dedo, el cual por su peso pudo haber arrastrado las inclusiones de mayor tamaño.

Por otra parte, se observó que el grosor de las capas aplicadas con el dedo fue mayor. Probablemente esto se debe a la mayor granulometría y textura de las mezclas en base a ocre. De la misma manera, esto se vincula a que fueron corregidas una mayor cantidad de veces para que no quedaran espacios y los límites de los trazos fueran rectos, imitando a los aplicados con pincel.

En base a lo anterior, observamos que las inclusiones resultan interesantes al momento de analizar las técnicas de aplicación ya que nos permiten plantear que, las mezclas deben ser fluidas para poder ser aplicadas y por lo tanto deben tener una granulometría adecuada que no dificulte su aplicación (Domingo, 2005; Landino, 2020, Vignaud et al., 2006). Sin embargo, esto no implica que todos los pigmentos deban ser procesados, dado que se puede priorizar la optimización del tiempo y utilizar aquellos pigmentos que por su naturaleza sean óptimos para pintar (Fiore, 2007). También se debe tener en cuenta que las pinturas debieron ajustarse a otros parámetros técnicos que aseguraran su perdurabilidad en el tiempo (Chalmin & Huntley, 2017; de Balbín Behrmann & González, 2009). Quizás una de las evidencias más representativas de ello es el *kit* artefactual de pintado encontrado en la cueva de Blomboos en Sudáfrica (D'errico et al., 2014) que mencionamos al inicio de esta investigación, el cual constituye la evidencia material más antigua de la perdurabilidad de los pigmentos en una cadena operativa (D'errico et al., 2014).

En relación con la perdurabilidad, se ha propuesto que el tipo roca, la rugosidad y las cavidades del soporte inciden en la aplicación y la capacidad de fijación de las pinturas (Domingo, 2005; Vignaud et al., 2006). En este sentido, la elección de un tipo de aplicación podría responder a estas dimensiones técnicas, así como también a la disponibilidad y el tiempo de manufactura de una herramienta y el acceso a los soportes (Fiore, 2007). Relacionado a esto es que ha cobrado relevancia la diferenciación química entre las capas de pinturas y los tipos de soportes, mediante la observación de secciones transversales, ya que en conjunto permiten vislumbrar el tipo de aplicación según las características fisicoquímicas de los soportes (Domingo, 2005; Vignaud et al., 2006). Por otra parte, esta identificación de capas ha llevado a distinguir preparaciones previas de los soportes que permitirían mejorar las cualidades adhesivas de las pinturas y así facilitar y determinar el tipo de aplicación (Bonneau et al., 2012, Sepúlveda, 2011, Domingo, 2005). Asimismo, su identificación ha cobrado importancia ya que permite distinguir procesos tafonómicos que inciden tanto en la visibilidad de las técnicas de aplicación como en las capas de las pinturas (Chalmin & Huntley, 2017).

A partir de lo anterior, consideramos que la utilización de secciones transversales para la observación de técnicas de aplicación constituye una metodología eficaz para distinguir capas de pinturas en las muestras (Marte et al., 2013; Mastrangelo & Tascon, 2011). No obstante, como en toda materialidad se debe tener en cuenta que ciertos aspectos tafonómicos pueden modificar la apariencia de los materiales. En el caso de las pinturas ciertos factores de deterioro pueden agregar o extraer capas como las concreciones de sales o pátinas, debido a ello se debe poner especial atención a las interpretaciones que

se hacen sobre las superposiciones, repasos o correcciones de las pinturas a partir del uso de esta metodología (Domingo, 2005). Asimismo, debemos señalar que una sección transversal es una visión parcial de una pintura por lo que su escala de interpretación debe tener ciertos resguardos. En este sentido, planteamos que es necesario tener información contextual de la aplicación desde el soporte, así como también muestrear una cantidad consistente de pinturas o apoyarse en metodologías de experimentación cuando la conservación de las pinturas no lo permita.

Los estudios morfométricos realizados de las capas de pinturas también han permitido visibilizar las técnicas de aplicación a través de la medición del espesor de las capas pictóricas, la frecuencia de inclusiones y el tamaño de estas, cuyas dimensiones al ser sometidas a pruebas estadísticas permitan extraer mayores conclusiones sobre las prácticas de aplicación (Landino, 2020; Marte et al., 2013; Mastrangelo & Tascon, 2011). Sin embargo, la mayoría de estos estudios se han llevado a cabo en obras de arte contemporáneas.

A pesar de la baja visibilidad de las prácticas de aplicación, pudimos explorar otras variables que pueden contribuir a la interpretación de esta práctica como la cantidad y densidad de las mezclas, los repasos de pintura y la naturaleza del soporte. También se pudo evaluar que las variables cualitativas como la homogeneidad de las mezclas, la granulometría y las inclusiones tienen directa relación con la viabilidad de aplicación de las pinturas (Domingo, 2005).

En síntesis, hasta aquí, las diferencias presentadas en las mezclas pigmentarias a nivel de los resultados fisicoquímicos no son del todo concluyentes. No obstante, tenemos el beneficio de conocer a partir de la experimentación que en cada cadena operativa estuvieron involucradas una serie de materias primas y prácticas con diferentes grados de visibilidad, posibles de ser evaluadas a partir de indicadores analíticos de validación independiente tal como se sintetizan en la figura 37.

Los resultados sintetizados en el esquema nos permiten confirmar que indicadores tales como la composición granulométrica, la textura, la presencia de inclusiones y el tamaño fueron los más informativos sobre las prácticas tecnológicas. Estos indicadores presentaron una mayor variabilidad en la observación microscópica de las mezclas lo que nos lleva a plantear su potencial para caracterizar y explorar las prácticas, especialmente las relacionadas con el procesamiento de pigmentos y adición de cargas, las que tuvieron un mayor grado de visibilidad. Esto es relevante ya que permitió evaluar y proponer la aplicación de estos indicadores en el análisis de pinturas arqueológicas. Estos podrían constituir parámetros viables al momento de abordar etapas como la elección de materias primas y la manufactura en las cadenas operativas de las pinturas rupestres siempre y cuando se presentan con cierta frecuencia y se trabajen de manera complementaria (Fiore, 2007, Bonneau et al., 2012; Landino, 2020; Mansur et al., 2007; Rifkin, 2012; Sepúlveda, 2011, 2016).

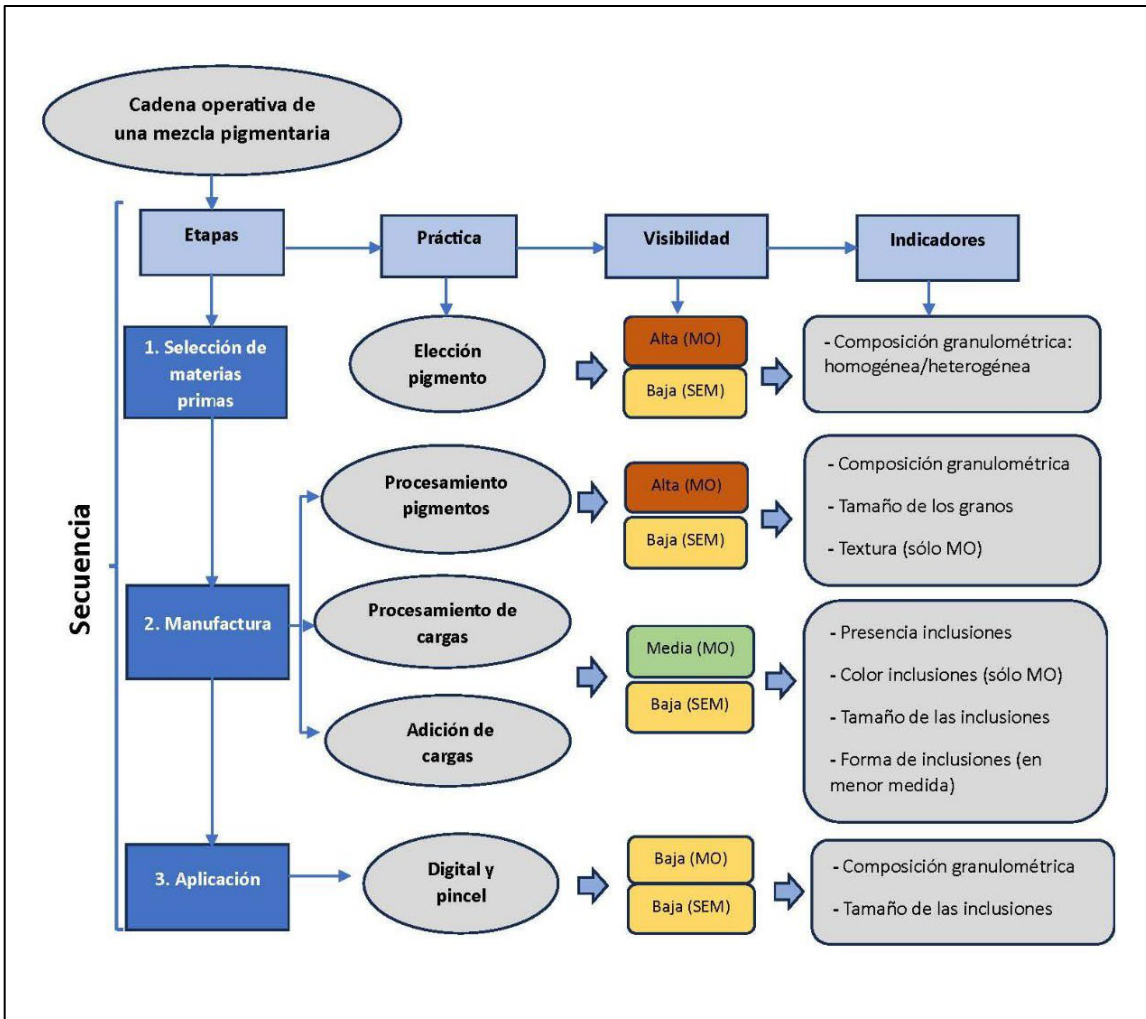


Figura 37. Síntesis de visibilidad de las prácticas tecnológicas a partir de los indicadores propuestos, según metodología de análisis microscopía óptica (MO) y microscopio electrónico de barrido (SEM-EDS). Elaboración a partir de la cadena operativa propuesta por Fiore (2007) para pinturas rupestres.

Por otra parte, las diferencias metodológicas observables en la figura entre la microscopía óptica y el uso del SEM-EDS, nos abren ciertos cuestionamientos sobre la complementariedad de las metodologías de análisis, así como también sobre la representatividad de las muestras. Es probable que, debido al tamaño de las muestras la variabilidad de las mezclas no logró ser representada a través del uso del SEM-EDS y que ciertos aspectos tecnológicos no puedan ser abordados a cabalidad a partir de una muestra. En este sentido, si bien el tamaño de las muestras es una variable que no se pudo controlar porque su extracción es azarosa y en la práctica está siempre condicionada por la conservación que afecta a las pinturas. Nuestra investigación sugiere que es necesario en futuros trabajos profundizar en la representatividad de las muestras como reflejo de la totalidad de una práctica tecnológica. Debido al carácter exploratorio de esta investigación no fue posible ahondar en ello, sin embargo, los resultados indican que probablemente una sola muestra no sea suficiente para abordar la tecnología de una pintura o de un estilo

tecnológico como se propuso tempranamente para las recetas de pinturas neolíticas francesas (Clottes, Menu, & Walter, 1990).

En base a lo anterior discutiremos a continuación la visibilidad de los resultados a la luz de los conceptos de recetas, *pots* de pinturas y mezclas pigmentarias tomando resguardo de los anacronismos interpretativos (Santos da Rosa et al., 2023).

## 7.2 De recetas, pots y mezclas pigmentarias

Los conceptos de recetas y *pots* de pintura, como se expuso a lo largo de este trabajo surgen de las investigaciones de la escuela de tecnología francesa para comprender las distribuciones estilísticas y cronológicas de las pinturas paleolíticas (Chalmin et al., 2004; Chalmin & Vignaud, 2003; Clottes, 1996; Clottes et al., 1990; Menu & Walter, 1992; Vignaud et al., 2006). No obstante, algunas investigaciones han planteado que la asociación cronológica y cultural a recetas y pots parece ser una iniciativa arriesgada al momento de abordar la intencionalidad humana (de Balbín Behrmann & González, 2009; Gheco et al., 2015; Moya, 2016)

Así al basarnos en el concepto de receta, en el que una pintura tiene un valor cronológico a partir del pigmento, carga y aglutinante utilizado (Clottes et al., 1990) podemos decir que el análisis de las mezclas experimentales permitió aislar sólo 2 tipos de recetas. Una que engloba aquellas mezclas con granos ricos en silicio. Y otra que agrupa las mezclas con silicio, aluminio y hierro en diferentes concentraciones. Y ninguna de estas recetas presentaría particularidades químicas que demuestren la presencia de cargas (Clottes et al., 1990).

Bajo esta lógica podríamos decir que lo anterior se debe a que las cadenas operativas se realizaron con cantidades y materiales similares. No obstante, es evidente que el concepto homogeneiza las prácticas llevadas a cabo en cada una de las mezclas y trata como idénticas todas aquellas mezclas que presentan una menor variabilidad de sus componentes. Por otra parte, si bien reconocemos que las mezclas se ajustaron a distintos parámetros técnicos para asegurar su aplicación, no podemos olvidar que las motivaciones humanas no se reducen sólo a lo técnico, sino que están cruzadas por distintos intereses y condiciones materiales como por ejemplo preferencias de color, el acceso a los pigmentos, cualidades de los soportes entre muchas otras (Fiore, 2007).

Esta inquietud que despierta el concepto de receta esta aparejado al hecho de que las investigaciones iniciales pusieron énfasis en que existía una correlación directa entre motivos con una alta técnica a mezclas de elaboración compleja y por tanto la simplicidad de los resultados químicos era correspondida con mezclas naturales (Clottes, 1996; Clottes et al., 1990). Desde esta perspectiva, la mayoría de nuestros resultados químicos reflejarían mezclas naturales. Asimismo, las escasas diferencias elementales registradas manifestarían que las pinturas están prácticamente realizadas por las mismas materias primas y sometidas a las mismas operaciones técnicas. Principalmente las diferencias morfométricas y el color de las mezclas observadas mediante microscopía óptica quedan eclipsadas bajo la idea de recetas. En este sentido, creemos que el concepto tratado desde esta perspectiva desestima la agencia humana de llevar a cabo diversas estrategias

técnicas para lograr el objetivo de pintar (Dobres & Hoffman, 1994). Así también “promueve interpretaciones sincrónicas del arte rupestre que desconocen la historia de un sitio” (Gheco, et al, 2020, p.2), agrupando las prácticas en categorías temporales estáticas.

De esta manera, coincidimos que la idea de patrones culturales que impusieron una preparación específica con valor cronológico y espacial pierde toda fuerza si invisibiliza por se la capacidad reflexiva de los grupos culturales y desconoce los contextos históricamente específicos en los que se producen (de Balbín Behrmann & González, 2009; Dobres & Hoffman, 1994; Moya, 2016; Quesada & Gheco, 2015).

Al observar los resultados a la luz del concepto de *pots* de pintura, el cual hace referencia a que cada receta se puede identificar químicamente por la naturaleza del pigmento, (tamaño, morfología e impurezas de los granos) siendo determinada por el lugar de procedencia (Chalmin & Vignaud, 2003). A partir de esta definición evidenciamos ciertas limitaciones en la observación de las prácticas, similares a las expuestas para las recetas. Los resultados elementales indicarían que se utilizó solo un *pot* de pintura. Éste se compone por el uso de un pigmento rico en aluminosilicatos con concentraciones variables de hierro. Bajo esta perspectiva, todo el resto de los elementos químicos que presentaron una baja variabilidad (morfométricas y densidad) pueden ser tratados como “impurezas” y en menor medida como cargas. Asimismo, bajo la lógica de los *pots* de pinturas, los pigmentos seleccionados provendrían de un mismo lugar de recolección, lo cual no es absolutamente falso porque el radio de recolección en el interfluvio fue acotado, pero tampoco es totalmente cierto. En este sentido, el concepto se podría nutrir de algunas precisiones teórico-metodológicas para ampliar su alcance analítico.

Lo anterior refuerza la idea de que no es pertinente tratar laxamente cargas e impurezas sobre todo si no se tiene conocimiento de las fuentes de aprovisionamiento o las características mineralógicas generales del territorio de estudio. Esto es importante porque plantea la idea de que la búsqueda de la intencionalidad humana a través de rasgos de la naturaleza mineralógica parece aún muy distante de su objetivo (de Balbín Behrmann & González, 2009; Moya, 2016).

No obstante, reconocemos que este concepto tiene una ventaja teórico-metodológica ya que en su definición cobra relevancia la diferenciación entre cargas e impurezas, las que se tratan indistintamente en el concepto de receta (Clottes, 1996; Garate, 2007; Garate & Menu, 2004). Su diferenciación ha sido un tema central al momento de observar los resultados fisicoquímicos de las pinturas ya que disminuyen los sesgos interpretativos y permiten determinar fuentes de aprovisionamiento (Chalmin et al., 2004; Chalmin & Vignaud, 2003).

Sin embargo, el concepto de *pot* es más complejo aún ya que en una misma pintura pueden coexistir distintos *pots* (Chalmin et al., 2004; Chalmin & Vignaud, 2003). En este sentido, permite una mayor discusión en torno a la variabilidad de las prácticas tecnológicas. Esto es importante porque muestra que, por razones técnicas, estéticas o de otro tipo, los pintores paleolíticos utilizaron diferentes colores y composiciones en la realización de una misma figura (Chalmin et al., 2004). Asimismo, a diferencia de las recetas le otorga un

mayor peso a las elecciones tecnológicas que los grupos humanos tomaron al momento de pintar (Fiore, 2007, 2018).

Como hemos mencionado con anterioridad, se reconocen las limitaciones de este trabajo en tanto que es de carácter exploratorio. No obstante, basándonos en los resultados de las mezclas experimentales donde estos conceptos homogeneizan las prácticas tecnológicas, y a la luz de las consideraciones teórico-metodológicas expuestas, coincidimos en que existen incongruencias interpretativas al tratar de ajustar recetas y *pots* a estilos tecnológicos (de Balbín Behrmann & González, 2009; Moya, 2016), y convenimos en que quizás la interpretación cronológica y cultural a partir de estos ha ido demasiado lejos (de Balbín Behrmann & González, 2009).

Por el contrario, al observar los resultados a partir del concepto de *mezclas pigmentarias* cobra sentido la baja variabilidad de las mezclas ya que, considera las implicancias históricas proponiendo que cada mezcla corresponde a un evento único de preparación de pintura porque ocurre en un momento y tiempo determinado (Gheco et al., 2013). En este sentido, se propone que “ninguna mezcla ha de ser semejante a otra, aunque siga una misma regla general o receta” (Gheco, et al 2020, p.9). Esta lógica permite aproximarnos a la manufactura de las mezclas pigmentarias individualizando cada una y permite una mayor reflexión sobre las prácticas tecnológicas involucradas en la manufactura de cualquier pintura.

Los resultados SEM de las mezclas experimentales a pesar de su composición elemental homogénea presentan particularidades como la distribución de sus granos, la morfología y tamaño de las inclusiones, la presencia de elementos singulares como cobre y geranio, que por sutiles que parezcan son reflejo de elecciones materiales y técnicas llevadas a cabo en cada una de las cadenas operativas.

Lo anterior nos permiten reflexionar acerca de la visibilidad de las elecciones o la agencia humana en términos de Bourdieu (Dobres y Hoffman, 1994), ya que, si bien seleccionamos dos tipos de pigmentos con cualidades y calidades distintas, son prácticamente el mismo material en términos químicos. En este sentido, coincidimos que las diferencias materiales quedan en ocasiones eclipsadas a partir de la búsqueda de una uniformidad (Gheco et al., 2020).

Esto nos lleva a discutir sobre el alcance que tiene el estilo tecnológico como reflejo del dinamismo propuesto para las cadenas operativas (Dobres & Hoffman, 1994; Lemonnier, 1992). Probablemente, el uso formal del concepto de estilo tecnológico como un conjunto recurrente de atributos formales identificables en las pinturas (Clottes, et al, 1990, Menu & Walter, 1992; Fiore, Domingo & May, 2014) ha soslayado los contextos históricamente específicos de las prácticas tecnológicas inherentes a la producción de pinturas (Gheco et al., 2020, Moya, 2016). Desde esta perspectiva más estática del estilo las variaciones de las pinturas no sólo quedan supeditadas únicamente a parámetros estilísticos, sino que soslayan el proceso reflexivo frente a cualquier materialidad (Dietler & Herbich, 1998).

Bajo esta lógica, la variabilidad elemental observada en las mezclas experimentales no constituye un reflejo material del dinamismo y eventualidad de las distintas combinaciones

técnicas y materiales llevadas a cabo en la experimentación. Por lo que abogamos por el carácter singular de las *mezclas pigmentarias*, posicionando a la tecnología en un proceso reflexivo de creación frente a las condiciones materiales y en un contexto microescalar, ya que, “la tecnología es si misma es un proceso dinámico que se desarrolla a diario” (p.25) y a partir de ello se construyen procesos tecnológicos de mayor escala (Dobres & Hoffmann, 1994).

Apostamos a que esta perspectiva permite una mejor aproximación a los cambios y transformaciones de los contextos pictóricos. Asimismo, debido a que el estilo sigue jugando un papel importante como herramienta para discernir identidades sociales y establecer cronologías relativas en el arte rupestre, abogamos por un concepto de estilo que contemple la agencia humana, el dinamismo de los recursos y materias primas en contextos particulares (Fiore, Domingo & May, 2014).

Por último, los resultados indicaron que la naturaleza de los pigmentos, cargas y aglutinantes determinan las prácticas de procesamiento y desde allí se ajustan los parámetros técnicos para lograr mezclas viables de ser aplicadas. Desde esta perspectiva es claro que ningún gesto técnico puede ser igual otro, porque además esta cruzada por la habilidad del uso de las herramientas y por los conocimientos específicos que se tienen sobre la materia (Lemonnier, 1986a, 1992), y “debido a este carácter único será diferente, al menos conceptualmente, de toda otra mezcla, incluso si se utilizaran los mismos materiales” (Gheco et al., 2013b, p.359). En este sentido, ninguna mezcla ha de ser igual a otra, y los resultados de esta investigación dan prueba de ello.

En síntesis, a pesar de lo exhibido a nivel elemental pudimos evidenciar una amplia variabilidad en las mezclas pigmentarias diferenciando texturas, morfologías, colores y composiciones a través de la microscopía óptica. De esta manera, coincidimos en que esta variabilidad es un reflejo material de la complejidad de la producción humana (Landino, 2020). Por lo que finalmente nos preguntamos si las técnicas arqueométricas aplicadas a las pinturas rupestres son pertinentes para abordar dicha complejidad.

### **7.3 Consideraciones metodológicas.**

Los resultados informados aquí demuestran la importancia de utilizar técnicas analíticas diferentes y complementarias para estudiar la composición de las pinturas rupestres. En esta investigación cada escala de análisis fue fundamental para lograr reflexiones acordes a las características observadas de las mezclas experimentales. No obstante, siempre es necesario considerar las ventajas y los límites de estas. En este sentido, evidenciamos algunas apreciaciones metodológicas que expondremos a continuación para aportar a futuras pruebas experimentales y/o arqueológicas.

Uno de los principales desafíos es enfrentarse a la complejidad de la variabilidad elemental de las mezclas pigmentarias. En este sentido, proponemos que es necesario:

a) una identificación mineralógica de los componentes de las pinturas que permita realizar conjeturas más específicas con respecto a los materiales involucrados en los procesos de



producción. Proponemos que los resultados obtenidos pueden ser complementados en un futuro con otras técnicas como la espectroscopia infrarroja (IR) o Raman.

b) escoger técnicas arqueométricas que no sean destructivas. El microscopio SEM, es casi una de las únicas técnicas menos destructiva ya que permite análisis posteriores. Por otra parte, entrega una caracterización química inicial valiosa de una mezcla, integrando información sobre la presencia los elementos y la distribución de estos. Un ejemplo de ello es su utilización en la identificación de distintas capas para evaluar superposiciones en las pinturas y abordar su cronología.

En relación con la caracterización morfológica de los componentes, observamos que el uso de las imágenes SEM, no sea el más adecuado ya que difícilmente permite identificar formas en las fotografías de electrones retro dispersados (BSE). Esto a su vez depende de la magnificación de las imágenes ya que para observar la morfología de las partículas es necesario alcanzar escalas de magnificación sobre los 6000X lo que hace perder la perspectiva general de la pintura.

Para futuros análisis proponemos:

c) identificar la estructura de los minerales presentes a través de un análisis por microscopía de transmisión (TEM), el cual a su vez permite la identificación de componentes nanométricos como las arcillas, que es uno de los elementos más discutidos en las pinturas rupestres.

d) una detección más precisa del carbón mediante la espectroscopia (IR) o la cromatografía de gases (GC-AMS) que han sido las técnicas más utilizadas para su identificación. En esta investigación observamos que, si bien la técnica SEM no determina la naturaleza de los materiales orgánicos, es posible visualizarlos por contraste químico cuando son de mayor tamaño. Sería interesante en un futuro someter las muestras experimentales a este tipo de técnicas y además poder visibilizar el uso de aglutinantes que no pudo ser abordado en esta oportunidad debido a los límites del SEM.

Sin duda, todas las técnicas expuestas en su conjunto permiten a cabalidad caracterizar la composición de las pinturas rupestres, sin embargo, comprendemos la dificultad de acceder al uso simultáneo de estas técnicas. Es por ello que planteamos la necesidad de que las investigaciones desarrollen muestreos y análisis de pigmentos referenciales del área de emplazamiento de los sitios, ello permitiría comparar inicialmente la información que se obtiene del análisis de las pinturas rupestres. Por otra parte, las investigaciones pueden encontrar en los estudios experimentales un buen aliado que permite comparar y potenciar los resultados a partir de técnicas menos invasivas.

## 8. REFLEXIONES FINALES

El estudio de las prácticas tecnológicas utilizando la metodología experimental ha demostrado lo beneficioso que puede ser este tipo de enfoque a la hora de evaluar las suposiciones teóricas e interpretaciones sobre los procesos de producción de las pinturas, ya que permite observar que ciertos aspectos tecnológicos no siempre son visibles y en este sentido permite tomar resguardos sobre lo que proyectan los resultados arqueométricos, en este caso los elementales.

Asimismo, ha demostrado que un enfoque que complementa información en diferentes escalas de observación (MO y SEM) permite una visión más completa de aspectos que no se pueden observar a simple vista en las pinturas, entregando una mayor cantidad de antecedentes cuando se trabaja con muestras milimétricas.

Las prácticas tecnológicas vistas a través del marco teórico metodológico de cadenas operativas integrando la práctica en su dimensión tecnológica, social y la agencia humana permiten problematizar y nutrir la discusión sobre los cambios y transformaciones que podrían estar involucrados en las pinturas más allá de los estilos tecnológicos.

Las cadenas operativas nos permitieron operacionalizar e individualizar las prácticas y así problematizar la evidencia material paso a paso, para abordar las transformaciones de las mezclas pigmentarias. De esta manera, permitieron observar los aspectos técnicos necesarios para la producción de las mezclas, pero también evidenciar que estos están supeditados a las habilidades y conocimientos que se tienen de la naturaleza de las materias primas, la elección del procesamiento adecuado, el ajuste de la consistencia de las mezclas para ser aplicadas, que se superponen para generar pinturas viables. Por lo que una visión integrada del proceso pictórico no puede perderse de vista.

La dimensión social de la tecnología a través de la teoría de la práctica nos permitió problematizar acerca de la variabilidad de los resultados que por sutiles que parezcan no se pueden descartar ya que estos responden a un conjunto de estrategias técnicas que se despliegan al momento de producir una pintura. Estas pueden no necesariamente estar supeditadas a recetas que se siguen escrupulosamente, sino que responden a la capacidad reflexiva de los pintores al momento de ejecutar una práctica tecnológica.

A partir de lo anterior proponemos que existen ciertos aspectos de la producción de las pinturas que siempre van a escapar de los resultados arqueométricos porque la tecnología está cruzada por la agencia humana, y los resultados han de ser siempre observados bajo este prisma.

La mezcla pigmentaria entendida como concepto nos acercó a visibilizar la variabilidad de las prácticas tecnológicas a la luz de los resultados invariables y homogéneos bajo los conceptos de recetas y pots. Los resultados discutidos a partir de este concepto nos

permitieron singularizar las mezclas sin desconocer que se encuentran atravesadas por técnicas, intenciones y conocimientos específicos y que la homogeneización que presentan químicamente no es un reflejo directo de estos. En este sentido, una de las conclusiones más relevantes es que por muy homogénea que nos parezca una pintura o un conjunto de estas no podemos olvidar que pudieron haber sido realizadas en distintos tiempos o con distintas mezclas.

Por otra parte, nos parece pertinente agregar a partir de los resultados que las investigaciones han forzado en ocasiones la idea de que una pintura debe tener un conjunto de pasos prácticos y existe una tendencia por evidenciarlos, planteando a veces interpretaciones apresuradas. No obstante, una pintura también puede ser un pigmento puro, no alterado, si es capaz de adherirse a un soporte. De esta manera, no todo radica en la perdurabilidad sino también que es necesario integrar el error y ensayo, el juego y la práctica en la evidencia material. En ese caso los pintores pueden haber utilizado lo más próximo con lo que contaban para hacerlo, un crayón, un carbón, una tierra de color. En este sentido, los resultados experimentales indican que la hematita y el ocre en su estado natural, son posibles de ser usados como pigmentos en la producción de pinturas.

Reconocemos que la cronología de las pinturas es un tema importante para conocer las sociedades del pasado, por lo cual no desestimamos las propuestas conceptuales que se han elaborado para intentar comprender la ocupación de los grupos culturales a través de los estilos tecnológicos, sino que planteamos que ante la frecuente ausencia de contexto y el estado de conservación de las pinturas se debe tener precaución en tanto dificultan establecer propuestas estilísticas y cronológicas. De esta manera, y según lo discutido proponemos que, para el conocimiento de la tecnología asociada a las pinturas rupestres, es necesario considerar: la composición mineralógica de los pigmentos, la naturaleza de las materias primas utilizadas, los procesos de degradación de las pinturas, la identificación de microorganismos que se superponen a las pinturas y las características geológicas en donde se emplazan los contextos de arte rupestre para enriquecer las interpretaciones.

Para finalizar es necesario recordar que la discusión y las conclusiones generadas aquí se basan en los análisis cualitativos y elementales de las mezclas pigmentarias, y no poseemos la identificación de los minerales o una cuantificación de éstos que permitan mayores conclusiones. Sin embargo, se trata de la primera aproximación experimental que evalúa las prácticas tecnológicas en la producción de pinturas. En este sentido, estos resultados sirven como un punto de partida para posteriores análisis que permitan testear las prácticas tecnológicas pilotadas en este estudio y las ideas generadas puedan aplicarse a preguntas más específicas.

En el futuro esperamos que estos resultados se puedan intensificar, sometiendo las mezclas experimentales a análisis complementarios integrando nuevos antecedentes para la generación de una discusión más amplia que considere la comparación con pinturas arqueológicas, permitiendo problematizar sobre la tecnología de las pinturas rupestres en una escala local.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- Ahets, E., & Burgos, O. (2018). *¿Pinturas rupestres con cenizas? Análisis micro-estadístico y experimentación para evaluar el uso de cenizas en la preparación de las mezclas pigmentarias blancas del sitio arqueológico de Oyola, Catamarca.*
- Álvarez, C. (2012). Los pigmentos en la prehistoria: proyecto de experimentación térmica con óxidos e hidróxidos de hierro. *Boletín de Arqueología Experimental*, 9, 25–42.
- Aschero, C. (1988). Pinturas rupestres, actividades y recursos naturales; un encuadre arqueológico. In L. Borrero & H. Yacobaccio (Eds.), *Arqueología Contemporánea* (pp. 109–145). Editorial Búsqueda.
- Basile, M., Ratto, N., Maier M, T., & Tomasini, E. (2012). *Chemical evidence of environmental deterioration in rock art: a case study in western tinogasta (catamarca, argentina) introducción.* 17(2), 27–38.
- Blanco, R. (2015). *El arte rupestre en los macizos del Deseado y Somuncurá: la producción de grabados y pinturas entre cazadores-recolectores del Holoceno Medio* [Doctoral]. Universidad de la Plata.
- Bonneau, A., Pearce, D., & Pollard, A. (2012). A multi-technique characterization and provenance study of the pigments used in San rock art, South Africa. *Journal of Archaeological Science*, 39(2), 287–294.
- Boschín, T., Seldes M, Maier A, Casamiquela M, Ledesma R, Abad R, & Gonzalo E. (2002). Análisis de las fracciones inorgánica y orgánica de pinturas rupestres y pastas de sitios arqueológicos de la Patagonia Septentrional argentina archaeological sites. *Zephyrus*, 183–198.
- Carrel, T. (1992). Replication and Experimental Archaeology. *Historical Archaeology Advances in Underwater Archaeology*, 26(4), 4–13.
- Chalmin, E., Hoerlé, S., & Reiche, I. (2017). Taphonomy on the Surface of the Rock Wall: Rock-Paint-Atmosphere Interactions'. In B. David & I. McNive (Eds.), *The Oxford Handbook of the Archaeology and Anthropology of Rock Art*. Oxford University Press.
- Chalmin, E., & Huntley, J. (2017). Characterizing Rock Art Pigments. In B. David & I. McNiven (Eds.), *The Oxford Handbook of the Archaeology and Anthropology of Rock Art* (pp. 1–38). University College London.
- Chalmin, E., Menu, M., Pomiès, M. P., Vignaud, C., Aujoulat, N., & Geneste, J. M. (2004). Les blasons de Lascaux. *Anthropologie*, 108(5), 571–592.
- Chalmin, E., & Vignaud, C. (2003). Analysis of rock art painting and technology of Palaeolithic painters. In *Meas.Sci.Technol* (Vol. 14).
- Clottes, J. (1996). Recent studies on Palaeolithic art. *Cambridge Archaeological Journal*, 6(2), 179–189.

- Clottes, J., Menu, M., & Walter, P. (1990). La préparation des peintures magdaléniennes des cavernes ariégeoises. *Bulletin de La Société Préhistorique Française*, 87(6), 170–192.
- Couraud, C. (1987): Matières pigmentées utilisées en préhistoire, en F. Delamare, T. Hackens y B. Helly (eds) *Datation-Carac-térisation des peintures pariétales et murales*, Italia, 377-391.
- Cordero, M. R., & Moya, F. (2015). Propuesta metodológica para el estudio de tecnologías involucradas en la producción de pinturas rupestres del valle del Rio Limarí. In *XIX Congreso de Arqueología*.
- Cortell, A. (2016). Ocre, hematites y óxido de hierro: el problema terminológico = Ochre, Hematite and Iron Oxid: The Terminological Issue. *Espacio Tiempo y Forma. Serie I, Prehistoria y Arqueología*, 0(9), 13.
- D'errico, F., Henshilwood, C., García-Moreno, R., Van Niekerk, K., Coquintot, Y., Menu, M., Jacobs, Z., & Lauritzen, S. (2014). Il y a 100 000 ans, un atelier pour la préparation et le stockage de mélanges pigmentés. In P. Paillet (Ed.), *Les arts de la Préhistoire : micro-analyses, mises en contextes et conservation Actes du colloque « Micro-analyses et datations de l'art préhistorique dans son contexte archéologique »* (117–124).
- de Balbín Behrmann, R., & González, J. (2009). Les colorants de l'art paléolithique dans les grottes et en plein air. *Anthropologie*, 113(3–4), 559–601.
- Dietler, M., & Herbich, I. (1998). Habitus, Techniques, Style: An Integrated Approach to the Social Understanding of Material Culture Boundaries. In S. Miriam (Ed.), *The Archaeology of Social Boundaries*. Smithsonian Institution Press.
- Dobres, M.-A., & Hoffman, C. R. (1994). Social Agency and the Dynamics of Prehistoric Technology. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 3.
- Domenech, M. (2010). Caracterización de aglutinantes orgánicos de las pinturas rupestres y problemas asociados a su conservación. *Serie Arqueológica*, 23, 47–67.
- Domingo, I. (2005). *Técnica y ejecución de la figura en el arte rupestre levantino: hacia una definición actualizada del concepto de estilo: validez y limitaciones* [Tesis doctoral]. Universitat de Valencia.
- Domingo, I., & Chieli, A. (2021). Characterizing the pigments and paints of prehistoric artists. *Archaeol Anthropol Sci*, 13, 196.
- Domingo, I., Fiore, D., May, S. (2014). Archaeologies of Art: Time, Place, and Identity in Rock Art, Portable Art, and Body Art. En Domingo, I. Fiore, D. May, S. (eds), *Archaeologies of Art. Time, place and identity*, Cap 1, .15-27.
- Domingo, I., García-Borja, P., & Roldán, C. (2012). Identification, processing and use of red pigments (hematite and cinnabar) in the valencian early neolithic (Spain). *Archaeometry*, 54(5), 868–892.

- Fiore, D. (2007a). The Economic Side of Rock Art: Concepts on the Production of Visual Images. *Rock Art Research*, 24(2), 149–160.
- Fiore, D. (2018). The materiality of rock art. The materiality of rock art: image-making technology and economy viewed from Patagonia. In Troncoso, A., Amstrong., F., & Nash, G. (Eds.), *Archaeologies of rock art: South American perspectives*, 23–57. Routledge.
- Fiore, D. (2020). The Art of Making Images: Technological Affordance, Design Variability and Labour Organization in the Production of Engraved Artefacts and Body paintings in Tierra del Fuego (Southern South America). *Journal of Archaeological Method and Theory*, 27(3), 481–510.
- Garate, D. (2007). Munibe (Antropologia-Arkeologia) 58, 2007. *MUNIBE (Antropología-Arqueología)*, 58, 155–176.
- Garate, D., & Menu, M. (2004a). Étude de la matière colorante de la grotte d'Arenaza (Galdames, Pays Basque, Espagne). *Anthropologie*, 108(2), 251–289.
- Garate, D., & Menu, M. (2004b). Étude de la matière colorante de la grotte d'Arenaza (Galdames, Pays Basque, Espagne). *Anthropologie*, 108(2), 251–289.
- Gheco, L., Gastaldi, M., Mastrangelo, N., Quesada, M., Marte, F., & Tascón, M. (2019). Smokes, fires and paintings: A methodology for linking histories in rock art. *Boletín Del Museo Chileno de Arte Precolombino*, 24(1), 131–152.
- Gheco, L., Gestaldi, M., Quesada, M., Mastrangelo, N., Poliszuk, A., & Burgos, O. (2015). Caracterización química de pinturas rupestres prehisánicas del sitio arqueológico de Oyola mediante SEM-EDS, DRX, FT-IR y FRX (Catamarca, Argentina). In Pifferetti A; Doształ I (Ed.), *Arqueometría Argentina, Metodologías científicas aplicadas al estudio de los bienes culturales* (pp. 271–284). Aspha.
- Gheco, L., Quesada, M., Ybarra, G., Poliszuk, A., & Burgos, O. (2013a). Espacios rupestres como «obras abiertas»: Una mirada a los procesos de confección y transformación de los abrigos con arte rupestre del este de Catamarca (Argentina). *Revista Espanola de Antropología Americana*, 43(2), 353–368.
- Gheco, L., Quesada, M., Ybarra, G., Poliszuk, A., & Burgos, O. (2013b). Espacios rupestres como «obras abiertas»: Una mirada a los procesos de confección y transformación de los abrigos con arte rupestre del este de Catamarca (Argentina). *Revista Espanola de Antropología americana*, 43(2), 353–368.
- Gheco, L., Tascon, M., Ahets, E., Quesada, M., & Marte, F. (2020). Looking for paint mixtures to glimpse pictorial techniques: a micro-stratigraphic physicochemical approach to the rock art from the Oyola's Caves (Argentina). *Heritage Science*, 8:60 (1).
- Gómez, H., Rosina, P., & Oosterbeek, L. (2014). Natureza e processamento de pigmentos de pinturas rupestres. In A. Dinis, A. Gomes, & S. Monteiro Rodrigues (Eds.),

*Proveniência de materiais geológicos: abordagens sobre o Quaternário de Portugal* (pp. 193–212). Associação portuguesa para o Estudo do Quaternário.

- González, M. (2016). Equipamiento artístico en la prehistoria: pinceles Artistic equipment throughout prehistory: brushes. *Boletín de Arqueología Experimental*, 11.
- Gradin, C. (1977). Análisis por difracciones de rayos X de las pinturas de la Cueva de las Manos (Santa Cruz). *Relaciones de La Sociedad Argentina de Antropología*, 11, 121–128.
- Henshilwood, C., d'Errico, F., & Watts, I. (2009). Engraved ochres from the Middle Stone Age levels at Blombos Cave, South Africa. *Journal of Human Evolution*, 57(1), 27–47.
- Hodgskiss, T. (2010). Identifying grinding, scoring and rubbing use-wear on experimental ochre pieces. *Journal of Archaeological Science*, 37(12), 3344–3358.
- Hradil, D., Grygar, T., Hradilová, J., & Bezdička, P. (2003). Clay and iron oxide pigments in the history of painting. *Applied Clay Science*, 22(5), 223–236.
- Hurcombe, L. (2008). Organics from inorganics: Using experimental archaeology as a research tool for studying perishable material culture. *World Archaeology*, 40(1), 83–115.
- Landino, M. (2020). *Un acercamiento a las técnicas pictóricas de las pinturas rupestres prehispanicas de la Maria, meseta central de la Patagonia, Provincia de Santa Cruz*. Universidad Nacional de San Martin.
- Lemonnier, P. (1986a). The study of material culture today: Toward an anthropology of technical systems. *Journal of Anthropological Archaeology*, 5, 147–186.
- Lemonnier, P. (1986b). The Study of Material Culture Today: Toward an Anthropology of Technical Systems. *Journal of Anthropological Archaeology*, 5, 147–186.
- Lemonnier, P. (1992). Technology and Anthropolgy. In *An element for an anthropology of technology* (pp. 7–24). Ann Arbor, United States: Museum of Anthropology, University of Michigan.
- Leroi- Gourhan, A. (1964). *Le Geste et la Parole: Vol. I*. Biblioteque Albin Mitchell Science.
- Lewis-Williams, J. (1995). Modelling the production and consupcion of the rock art. *South African Archaeological Bulletin*, 50, 143–144.
- López A; de la Fuente G; Fiore D. (2011). Arqueometría del Arte: Estudios fisicoquímicos de pigmentos arqueológicos. *Boletín Del Museo de Arte Precolombino*, 17(2), 75–81.
- López-Montalvo, E., Roldán, C., Badal, E., Murcia-Mascarós, S., & Villaverde, V. (2017a). Identification of plant cells in black pigments of prehistoric Spanish Levantine rock art by means of a multi-Analytical approach. A new method for social identity materialization using chaine operateire. *Plos one*, 12(2), 1–27.



- López-Montalvo, E., Roldán, C., Badal, E., Murcia-Mascarós, S., & Villaverde, V. (2017b). Identification of plant cells in black pigments of prehistoric Spanish Levantine rock art by means of a multi-Analytical approach. A new method for social identity materialization using chaine operateire. *PLOS ONE*, *12*(2), 1–27.
- Mansur, M., Lasa, A., & Mazzanti, D. (2007). Análisis tecnofuncional de pigmentos provenientes de reparos rocosos de Tandilla, estudio arqueológico y experimental. In C. Bayón, A. Pupio, M. González, N. Flegenheimer, & M. Frere (Eds.), *Arqueología en las pampas Tomo I* (pp. 271–288). Sociedad Argentina de Antropología.
- Marshall, L., Williams, J., Almond, M., Atkinson, S., Cook, S. R., Matthews, W., & Mortimore, J. L. (2005). Analysis of ochres from Clearwell Caves: The role of particle size in determining colour. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, *61*(1–2), 233–241.
- Marte, F., Tascón, M., & Mastrángelo, N. (2013). El arte de medir II: microscopía óptica aplicada a la medición de secciones transversales. *Conservation Science in Cultural Heritage*, *9*(14), 245–254.
- Martínez, M. (2007). Aproximación experimental a la pintura Levantina. *Boletín de Arqueología Experimental*, *7*, 2–9.
- Mastrangelo, N., & Tascon, M. (2011). El arte de medir I: microscopía óptica aplicada a la medición de secciones transversales. *Conservation Science in Cultural Heritage*, *7*(13), 257–268.
- Mata, M. (2016). *El análisis de pigmentos una contribución al conocimiento y conservación del arte postpaleolítico*.
- Méndez, C. (2007). Cadenas operativas en la manufactura del arte rupestre: un estudio de caso en El Mauro, valle cordillerano del Norte Semiárido de Chile. *Intersecciones En Antropología*, *9*, 145–155.
- Menu, M., & Walter, P. (1992). Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Prehistoric cave painting PIXE analysis for the identification of paint “pots.” In *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* (Vol. 64).
- Moya, F. (2015). *Variabilidad tecnológica en las pinturas rupestres de la cuenca hidrográfica del río Limarí*. Universidad de Chile.
- Moya F. (2015). *Variabilidad tecnológica en las pinturas rupestres de la cuenca hidrográfica del río Limarí*. Universidad de Chile.
- Moya, F. (2016). *Applications of analytical techniques on the study of pigmenting materials: the case of late holocene hunter-gatherers from north central chile* [MSc in the Technology and Analysis of Archaeological Materials of University College London in 2016UCL]. University College London.
- Moya, F., Troncoso, A., Sepúlveda, M., Cárcamo, J., & Gutierrez, S. (2016). Pinturas rupestres en el norte semiárido de Chile: Una aproximación física química desde la cuenca del río Limarí. *Boletín Del Museo Chileno de Arte Precolombino*, *21*(2), 47–64.










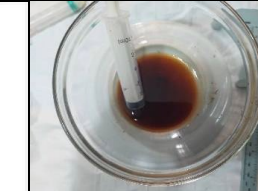




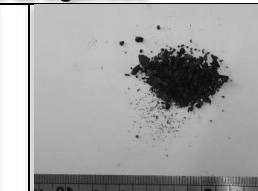
- Moya-Cañoles, F., Troncoso, A., Armstrong, F., Venegas, C., Cárcamo, J., & Artigas, D. (2021). Rock paintings, soot, and the practice of marking places. A case study in North-Central Chile. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 36.
- Outram, A. K. (2008). Introduction to experimental archaeology. In *World Archaeology* (Vol. 40, Issue 1, pp. 1–6). <https://doi.org/10.1080/00438240801889456>
- Pfaffenberger, B. (1992). Social Anthropology of Technology. *Annu. Rev. Anthropol*, 21, 491–516.
- Pomies, M. P., Menu, M., & Vignaud, C. (1999). Red palaeolithic pigments: natural hematite or heated goethite?". *Archaeometry*, 41(2), 275–285.
- Quesada M; Gheco L. (2015). Tiempos, cuevas y pinturas. reflexiones sobre la policronía del arte rupestre de oyola (provincia de Catamarca, Argentina). *Relaciones de La Sociedad Argentina de Antropología XL*, 2, 455–476.
- Quesada, M., & Gheco, L. (2015). Tiempos, cuevas y pinturas. reflexiones sobre la policronía del arte rupestre de Oyola (Provincia de catamarca, argentina). *Relaciones de La Sociedad Argentina de Antropología XL*, 2, 455–476.
- Reeves, J. (2010). Create a history for the experimental archeology. In D. Millson (Ed.), *Experimentation and Interpretation: The Use of Experimental Archaeology in the Study of the Past* (pp. 29–45). Oxford: Oxbow Books.
- Reñones, J. (2016). *The colour in the paleolithic cave art. Analysis of pictoric materials in the Cantabrian region: State of the question* [Grado en Historia]. Universidad de Cantabria.
- Rifkin, R. F. (2012). Processing ochre in the Middle Stone Age: Testing the inference of prehistoric behaviours from actualistically derived experimental data. *Journal of Anthropological Archaeology*, 31(2), 174–195.
- Rosina, P., Gomes, H., Oosterbeek, L., & Martins, A. (2013). Caracterização de pigmentos em Arte Rupestre. *ARKEOS*, 34, 257–263.
- Santos da Rosa, N., Fiore, D., & Viñas, R. (2023). Testing recipes: an experimental approach to paint production processes in Levantine rock art (Spain). *Archaeometry*. Pp.1-17.
- Sepúlveda, M. (2009). Aspectos tecnológicos en la pintura rupestre. Reflexiones elaboradas a partir de análisis fisicoquímicos aplicados al estudio de las pinturas de la localidad del Río Salado (Norte de Chile). *VII Simposio Internacional de Arte Rupestre Simposio Internacional de Arte Rupestre*, pp.119–128.
- Sepúlveda, M. (2011). Pinturas rupestres y tecnología del color en el extremo sur de Chile. *Magallania*, 39(1), 193–210.
- Sepúlveda, M. (2016). Methodological approach to the materiality of rock art paintings based on their physicochemical characterization. Proposal and reflections from their study in

- Chile. In R. Bednarik, D. Fiore, M. Basile, T. Huisheng, & G. Kumar (Eds.), *Palaeoart and materiality: the scientific study of rock art* (pp. 59–71). Archaeopress.
- Sepúlveda, M. (2021). Making visible the invisible. A microarchaeology approach and an Archaeology of Color perspective for rock art paintings from the southern cone of South America. *Quaternary International*, 572, 5–23.
- Sepúlveda, M., Valenzuela, D., Cornejo, L., Lienqueo, H., & Rousselière, H. (2013). Óxidos de manganeso en el extremo norte de Chile, abastecimiento, producción y movilidad del color negro durante el período arcaico. *Chungara, Revista de Antropología Chilena*, 45(1), 143–159.
- Sepúlveda, M., & Véronique, W. (2018). Pigmentos, pinturas rupetres y murales. In *Arqueometría. Estudios analíticos de materiales arqueológicos*. (pp. 367–392).
- Shimada, I. (2005). Experimental Archaeology. In H. Maschner & C. Chippindale (Eds.), *Handbook of Archaeological Methods: Vol. I*. Altamira Press.
- Tascon, M., Mastrangelo, N., Gheco, L., Gastaldi, M., Quesada, M., & Marte, F. (2016). Micro-spectroscopic analysis of pigments and carbonization layers on prehispanic rock art at the Oyola's caves, Argentina, using a stratigraphic approach. *Microchemical Journal*, 129, 297–304.
- Troncoso, A., Belmar, C., & Pino, M. (2017). Piedras Tacitas, Prácticas Socioespaciales, comunidades y paisaje en lacuena hidrográfica del río limarí. *Actualizaciones En El Estudio de Piedras Tacitas: Nuevas Perspectivas*, 6, 63–92.
- Troncoso, A., Moya, F., & Basile, M. (2016). Rock art and social networks among hunter gatherers of north-central Chile. *Journal of Anthropological Archaeology*, 42, 154–168.
- Troncoso, A., Moya, F., Sepúlveda, M., & Cárcamo, J. (2017). First absolute dating of Andean hunter-gatherer rock art paintings from North Central Chile. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 9(2), 223–232.
- Troncoso, A., Pascual, D., & Moya, F. (2018). Making rock art under the Spanish empire: a comparison of hunter gatherer and agrarian contact rock art in North-central Chile. *Australian Archaeology*, 84(3), 263–280.
- Valenzuela, D. (2007). Decisiones tecnológicas, conocimiento tecnológico y paisaje en los grabados rupetres del valle de lluta, valles occidentales, norte de Chile. *Actas Del XVIII Congreso Nacional de Arqueología Chilena*, 207–2016.
- Vandenabeele, P., Wehling, B., Moens, L., Edwards, H., de Reu, M., & van Hooydonk, G. (2000). Analysis with micro-Raman spectroscopy of natural organic binding media and varnishes used in art. In *Analytica Chimica Acta* (Vol. 407).
- Vázquez, C., Maier, M., Parera, S., Yacobaccio, H., & Solá, P. (2008). Combining TXRF, FT-IR and GC-MS information for identification of inorganic and organic components in black pigments of rock art from Alero Hornillos 2 (Jujuy, Argentina). *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 391(4), 1381–1387.

- Vergara, F., Troncoso, A., & Ivanovic, F. (2016). Time and Rock Art Production: Explorations on the material side of petroglyphs in the semiarid north of Chile. In R. Bernardik, D. Fiore, M. Basile, G. Kumar, & T. Huisheng (Eds.), *Paleoart and Materiality* (pp. 147–160). Archaeopress Archaeology.
- Vignaud, C., Salomon, H., Chalmin, E., Geneste, J., & Menu, M. (2006). Le groupe des «bisons adossés» de Lascaux. Étude de la technique de l'artiste par analyse des pigments. *Anthropologie*, 110(4), 482–499.
- Wachiowak, M. (2004). Efficient new methods for embedding paint and varnish samples for microscopy. *Journal of the American Institute for Conservation*, 43(3), 205–226.
- Watts, I. (2010). The pigments from Pinnacle Point Cave 13B, Western Cape, South Africa. *Journal of Human Evolution*, 59(3–4), 392–411.
- Wright, V. (2010). Pigmentos y tecnología artística mochica: una nueva aproximación en la comprensión de la organización social. *L'Institut Français d'Etudes Andines, Institut Français d'Etudes Andines (IFEA)*, 39(2), 299-33. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00782791>

## 10. ANEXOS

### 10.1 Anexo I. Materias primas recolectadas y procesamientos de pigmentos.

				
<b>Pigmento hematita</b>			<b>Instrumento de raspado</b>	
				
<b>Pigmento ocre</b>			<b>Resina de algarrobo</b>	
				
<b>Yeso</b>		<b>Grasa derretida</b>	<b>Cuarzo (sin procesar)</b>	<b>Espiculas de carbón</b>

**10.2 Anexo II.** Tabla síntesis de las mezclas pigmentarias y cadenas operativas realizadas en la experimentación.

CODIGO MUESTRA	PROCESAMIENTO	APLICACIÓN	PIGMENTO	CARGA 1	CARGA 2	AGLUTINANTE
P01	RASPADO	DIGITAL	HEMATITA	CUARZO	-	RESINA ALGARROBO
P01	RASPADO	PINCEL	HEMATITA	CUARZO	-	RESINA ALGARROBO
P02	RASPADO	DIGITAL	HEMATITA	CUARZO	-	CLARA DE HUEVO
P02	RASPADO	PINCEL	HEMATITA	CUARZO	-	CLARA DE HUEVO
P03	RASPADO	DIGITAL	HEMATITA	CUARZO	-	GRASA ANIMAL
P03	RASPADO	PINCEL	HEMATITA	CUARZO	-	GRASA ANIMAL
P04	RASPADO	DIGITAL	HEMATITA	ARCILLA	-	RESINA ALGARROBO
P04	RASPADO	PINCEL	HEMATITA	ARCILLA	-	RESINA ALGARROBO
P05	RASPADO	DIGITAL	HEMATITA	ARCILLA	-	CLARA DE HUEVO
P05	RASPADO	PINCEL	HEMATITA	ARCILLA	-	CLARA DE HUEVO
P06	RASPADO	DIGITAL	HEMATITA	ARCILLA	-	GRASA ANIMAL
P06	RASPADO	PINCEL	HEMATITA	ARCILLA	-	GRASA ANIMAL
P07	RASPADO	DIGITAL	HEMATITA	YESO	-	RESINA ALGARROBO
P07	RASPADO	PINCEL	HEMATITA	YESO	-	RESINA ALGARROBO
P08	RASPADO	DIGITAL	HEMATITA	YESO	-	CLARA DE HUEVO
P08	RASPADO	PINCEL	HEMATITA	YESO	-	CLARA DE HUEVO
P09	RASPADO	DIGITAL	HEMATITA	YESO	-	GRASA ANIMAL
P09	RASPADO	PINCEL	HEMATITA	YESO	-	GRASA ANIMAL
P10	MOLIDO	DIGITAL	OCRE	CUARZO	-	RESINA ALGARROBO
P10	MOLIDO	PINCEL	OCRE	CUARZO	-	RESINA ALGARROBO
P10	TAMIZADO	DIGITAL	OCRE	CUARZO	-	RESINA ALGARROBO
P10	TAMIZADO	PINCEL	OCRE	CUARZO	-	RESINA ALGARROBO
P11	MOLIDO	DIGITAL	OCRE	CUARZO	-	CLARA DE HUEVO
P11	MOLIDO	PINCEL	OCRE	CUARZO	-	CLARA DE HUEVO
P11	TAMIZADO	DIGITAL	OCRE	CUARZO	-	CLARA DE HUEVO
P11	TAMIZADO	PINCEL	OCRE	CUARZO	-	CLARA DE HUEVO
P12	MOLIDO	DIGITAL	OCRE	CUARZO	-	GRASA ANIMAL
P12	MOLIDO	PINCEL	OCRE	CUARZO	-	GRASA ANIMAL
P12	TAMIZADO	DIGITAL	OCRE	CUARZO	-	GRASA ANIMAL
P12	TAMIZADO	PINCEL	OCRE	CUARZO	-	GRASA ANIMAL
P13	TAMIZADO	DIGITAL	OCRE	ARCILLA	-	RESINA ALGARROBO
P13	TAMIZADO	PINCEL	OCRE	ARCILLA	-	RESINA ALGARROBO
P13	MOLIDO	DIGITAL	OCRE	ARCILLA	-	RESINA ALGARROBO
P13	MOLIDO	PINCEL	OCRE	ARCILLA	-	RESINA ALGARROBO
P14	TAMIZADO	DIGITAL	OCRE	ARCILLA	-	CLARA DE HUEVO
P14	TAMIZADO	PINCEL	OCRE	ARCILLA	-	CLARA DE HUEVO
P14	MOLIDO	DIGITAL	OCRE	ARCILLA	-	CLARA DE HUEVO
P14	MOLIDO	PINCEL	OCRE	ARCILLA	-	CLARA DE HUEVO

P15	TAMIZADO	DIGITAL	OCRE	ARCILLA	-	GRASA ANIMAL
P15	TAMIZADO	PINCEL	OCRE	ARCILLA	-	GRASA ANIMAL
P15	MOLIDO	DIGITAL	OCRE	ARCILLA	-	GRASA ANIMAL
P15	MOLIDO	PINCEL	OCRE	ARCILLA	-	GRASA ANIMAL
P16	TAMIZADO	DIGITAL	OCRE	YESO	-	RESINA ALGARROBO
P16	TAMIZADO	PINCEL	OCRE	YESO	-	RESINA ALGARROBO
P16	MOLIDO	DIGITAL	OCRE	YESO	-	RESINA ALGARROBO
P16	MOLIDO	PINCEL	OCRE	YESO	-	RESINA ALGARROBO
P17	TAMIZADO	DIGITAL	OCRE	YESO	-	CLARA DE HUEVO
P17	TAMIZADO	PINCEL	OCRE	YESO	-	CLARA DE HUEVO
P17	MOLIDO	DIGITAL	OCRE	YESO	-	CLARA DE HUEVO
P17	MOLIDO	PINCEL	OCRE	YESO	-	CLARA DE HUEVO
P18	TAMIZADO	DIGITAL	OCRE	YESO	-	GRASA ANIMAL
P18	TAMIZADO	PINCEL	OCRE	YESO	-	GRASA ANIMAL
P18	MOLIDO	DIGITAL	OCRE	YESO	-	GRASA ANIMAL
P18	MOLIDO	PINCEL	OCRE	YESO	-	GRASA ANIMAL
P19	RASPADO	DIGITAL	HEMATITA	CUARZO	CARBON	RESINA ALGARROBO
P19	RASPADO	PINCEL	HEMATITA	CUARZO	CARBON	RESINA ALGARROBO
P20	RASPADO	DIGITAL	HEMATITA	CUARZO	CARBON	CLARA DE HUEVO
P20	RASPADO	PINCEL	HEMATITA	CUARZO	CARBON	CLARA DE HUEVO
P21	RASPADO	DIGITAL	HEMATITA	CUARZO	CARBON	GRASA ANIMAL
P21	RASPADO	PINCEL	HEMATITA	CUARZO	CARBON	GRASA ANIMAL
P22	RASPADO	DIGITAL	HEMATITA	ARCILLA	CARBON	RESINA ALGARROBO
P22	RASPADO	PINCEL	HEMATITA	ARCILLA	CARBON	RESINA ALGARROBO
P23	RASPADO	DIGITAL	HEMATITA	ARCILLA	CARBON	CLARA DE HUEVO
P23	RASPADO	PINCEL	HEMATITA	ARCILLA	CARBON	CLARA DE HUEVO
P24	RASPADO	DIGITAL	HEMATITA	ARCILLA	CARBON	GRASA ANIMAL
P24	RASPADO	PINCEL	HEMATITA	ARCILLA	CARBON	GRASA ANIMAL
P25	RASPADO	DIGITAL	HEMATITA	YESO	CARBON	RESINA ALGARROBO
P25	RASPADO	PINCEL	HEMATITA	YESO	CARBON	RESINA ALGARROBO
P26	RASPADO	DIGITAL	HEMATITA	YESO	CARBON	CLARA DE HUEVO
P26	RASPADO	PINCEL	HEMATITA	YESO	CARBON	CLARA DE HUEVO
P27	RASPADO	DIGITAL	HEMATITA	YESO	CARBON	GRASA ANIMAL
P27	RASPADO	PINCEL	HEMATITA	YESO	CARBON	GRASA ANIMAL
P28	TAMIZADO	DIGITAL	OCRE	CUARZO	CARBON	RESINA ALGARROBO
P28	TAMIZADO	PINCEL	OCRE	CUARZO	CARBON	RESINA ALGARROBO
P28	MOLIDO	DIGITAL	OCRE	CUARZO	CARBON	RESINA ALGARROBO
P28	MOLIDO	PINCEL	OCRE	CUARZO	CARBON	RESINA ALGARROBO
P29	TAMIZADO	DIGITAL	OCRE	CUARZO	CARBON	CLARA DE HUEVO
P29	TAMIZADO	PINCEL	OCRE	CUARZO	CARBON	CLARA DE HUEVO
P29	MOLIDO	DIGITAL	OCRE	CUARZO	CARBON	CLARA DE HUEVO
P29	MOLIDO	PINCEL	OCRE	CUARZO	CARBON	CLARA DE HUEVO
P30	TAMIZADO	DIGITAL	OCRE	CUARZO	CARBON	GRASA ANIMAL





P30	TAMIZADO	PINCEL	OCRE	CUARZO	CARBON	GRASA ANIMAL
P30	MOLIDO	DIGITAL	OCRE	CUARZO	CARBON	GRASA ANIMAL
P30	MOLIDO	PINCEL	OCRE	CUARZO	CARBON	GRASA ANIMAL
P31	TAMIZADO	DIGITAL	OCRE	ARCILLA	CARBON	RESINA ALGARROBO
P31	TAMIZADO	PINCEL	OCRE	ARCILLA	CARBON	RESINA ALGARROBO
P31	MOLIDO	DIGITAL	OCRE	ARCILLA	CARBON	RESINA ALGARROBO
P31	MOLIDO	PINCEL	OCRE	ARCILLA	CARBON	RESINA ALGARROBO
P32	TAMIZADO	DIGITAL	OCRE	ARCILLA	CARBON	CLARA DE HUEVO
P32	TAMIZADO	PINCEL	OCRE	ARCILLA	CARBON	CLARA DE HUEVO
P32	MOLIDO	DIGITAL	OCRE	ARCILLA	CARBON	CLARA DE HUEVO
P32	MOLIDO	PINCEL	OCRE	ARCILLA	CARBON	CLARA DE HUEVO
P33	TAMIZADO	DIGITAL	OCRE	ARCILLA	CARBON	GRASA ANIMAL
P33	TAMIZADO	PINCEL	OCRE	ARCILLA	CARBON	GRASA ANIMAL
P33	MOLIDO	DIGITAL	OCRE	ARCILLA	CARBON	GRASA ANIMAL
P33	MOLIDO	PINCEL	OCRE	ARCILLA	CARBON	GRASA ANIMAL
P34	TAMIZADO	DIGITAL	OCRE	YESO	CARBON	RESINA ALGARROBO
P34	TAMIZADO	PINCEL	OCRE	YESO	CARBON	RESINA ALGARROBO
P34	MOLIDO	DIGITAL	OCRE	YESO	CARBON	RESINA ALGARROBO
P34	MOLIDO	PINCEL	OCRE	YESO	CARBON	RESINA ALGARROBO
P35	TAMIZADO	DIGITAL	OCRE	YESO	CARBON	CLARA DE HUEVO
P35	TAMIZADO	PINCEL	OCRE	YESO	CARBON	CLARA DE HUEVO
P35	MOLIDO	DIGITAL	OCRE	YESO	CARBON	CLARA DE HUEVO
P35	MOLIDO	PINCEL	OCRE	YESO	CARBON	CLARA DE HUEVO
P36	TAMIZADO	DIGITAL	OCRE	YESO	CARBON	GRASA ANIMAL
P36	TAMIZADO	PINCEL	OCRE	YESO	CARBON	GRASA ANIMAL
P36	MOLIDO	DIGITAL	OCRE	YESO	CARBON	GRASA ANIMAL
P36	MOLIDO	PINCEL	OCRE	YESO	CARBON	GRASA ANIMAL


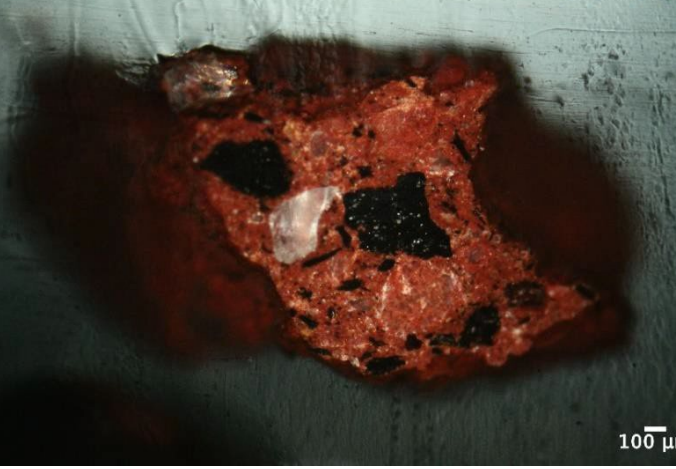
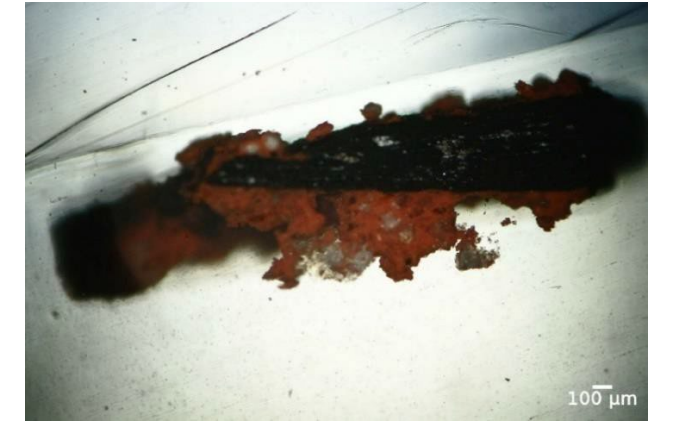
**10.3. Anexo III.** Tabla síntesis de análisis microscópico de muestras experimentales expresada en número de muestras.


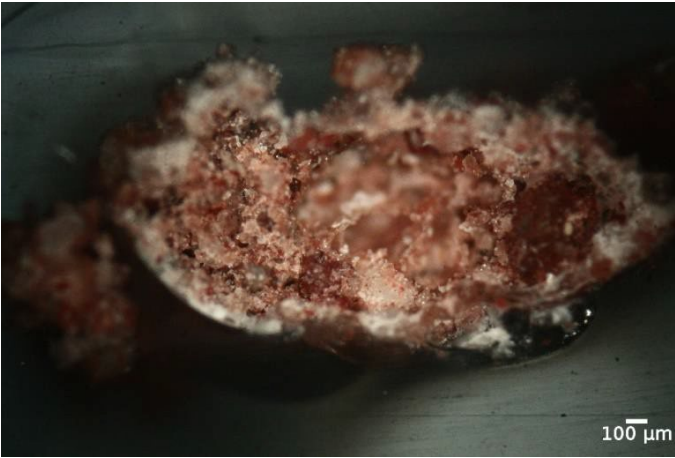
Pigmento	Procesamiento del pigmento	Cargas añadidas	Indicadores								
			Composición granulométrica		Textura			Inclusiones		Densidad	
			homogénea	heterogénea	fina	media	gruesa	presente	ausentes	alta	med
Hematita	Raspada	cuarzo	4	2	5	1	0	2	4	0	
		yeso	3	3	3	3	0	4	2		
		arcilla	5	1	4	2	0	1	5		
		<b>total n° mezclas (18)</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>7</b>			
		**carbón	5	4	5	4	0				
Ocre	Molido	cuarzo	4	2	1	2					
		yeso	3	3	2	3					
		arcilla	5	1							
		<b>total n° mezclas (18)</b>	<b>12</b>	<b>6</b>							
	**carbón	4									
	Tamizado	cuarzo	2								
		yeso									
		ar									

\*\* Se señalan las mezclas con carbón separadas del total de las mezclas para no duplicar el universo de las muestras (para mayor detalle revisar anexo II).


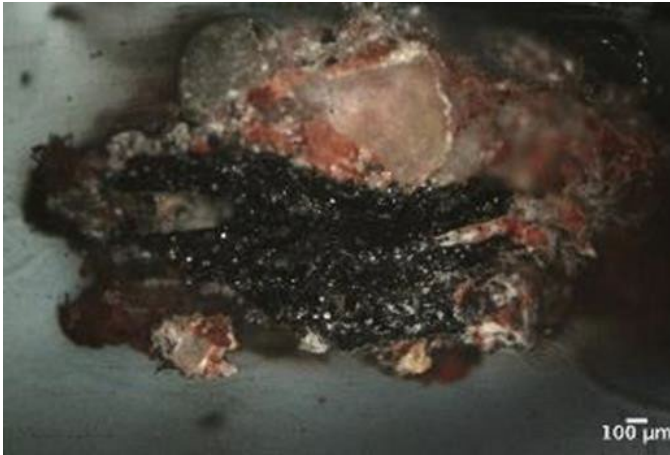

#### 10.4 Anexo IV. Principales características de las secciones transversales analizadas


Código de muestra	Componentes	Fotografías (5X)	Descripción
<b>Muestras a base de hematita</b>			
MC01	Hematita agua		<p>Longitud: 1325 μm Ancho: 341 μm</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Granulometría homogénea.</li> <li>2. Textura fina</li> <li>3. Inclusiones: <ul style="list-style-type: none"> <li>-oscuras subangulares, aisladas</li> <li>-cristalinas subredondeadas, dispersas</li> </ul> </li> <li>4. Densidad baja</li> </ol>
P05	Hematita arcilla clara de huevo agua		<p>Longitud: 2265 μm Ancho: 963 μm</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Granulometría homogénea.</li> <li>2. Textura fina</li> <li>3. Inclusiones: <ul style="list-style-type: none"> <li>-oscuras subangulares aisladas</li> </ul> </li> <li>4. Densidad baja</li> </ol>

<p><b>P09</b></p>	<p>Hematita yeso clara           de huevo agua</p>		<p>Longitud: 2620 um Ancho: 478 um</p> <p>1. Granulometría heterogénea.</p> <p>2. Textura media</p> <p>3. Inclusiones: -oscura amorfa, aislada</p> <p>4. Densidad media</p> <p>*la capa inferior probablemente corresponda a parte del soporte.</p>
<p><b>P19</b></p>	<p>Hematita cuarzo resina           de algarrobo carbón agua</p>		<p>Longitud: 1939 um Ancho: 1080 um</p> <p>1. Granulometría heterogénea.</p> <p>2. Textura media</p> <p>3. Inclusiones: -negras subangulares densidad media</p> <p>-cristalinas subangulares, aislada</p> <p>4. Densidad alta</p>
<p><b>P26</b></p>	<p>Hematita cuarzo clara           de huevo agua carbón</p>		<p>Longitud: 2230 um Ancho: 805 um</p> <p>1. Granulometría heterogénea.</p> <p>2. Textura media</p> <p>3. Inclusiones: -negra angular aislada</p>

			-cristalinas subangulares, densidad baja  4. Densidad baja
<b>Muestras a base de ocre</b>			
<b>MC08</b>	Ocre agua		Longitud: 797 μm Ancho: 378 μm  1. Granulometría heterogénea.  2. Textura media  3. Inclusiones: -grises, cristalinas y blancas variabilidad en las formas  4. Densidad alta
<b>P18T</b>	Ocre yeso grasa animal agua		Longitud: 2497 μm Ancho: 1103 μm  1. Granulometría heterogénea.  2. Textura gruesa  3. Inclusiones: - microcristalinas intersticiales  4. Densidad alta



<p><b>P30M</b></p>	<p>Ocre cuarzo grasa animal agua carbón</p>		<p>Longitud: 2749 um Ancho: 1073 um</p> <p>1. Granulometría heterogénea.</p> <p>2. Textura media</p> <p>3. Inclusiones: - cristalinas subangulares aisladas -negras subangulares, aisladas</p> <p>4. Densidad media</p>
<p><b>P30T</b></p>	<p>Ocre cuarzo grasa animal agua carbón</p>	 <p>5x</p>	<p>Longitud: 2841 um Ancho: 1486 um</p> <p>1. Granulometría heterogénea.</p> <p>2. Textura gruesa</p> <p>3. Inclusiones: - cristalinas subangulares, aislada -negra amorfa, aislada</p> <p>4. Densidad media</p>
<p><b>P31M</b></p>	<p>Ocre arcilla grasa animal agua carbón</p>		<p>Longitud: 2793 um Ancho: 993 um</p> <p>1. Granulometría heterogénea</p> <p>2. Textura gruesa</p> <p>3. Inclusiones: -cristalinas subangulares, dispersas, -negras subangulares, dispersas</p>

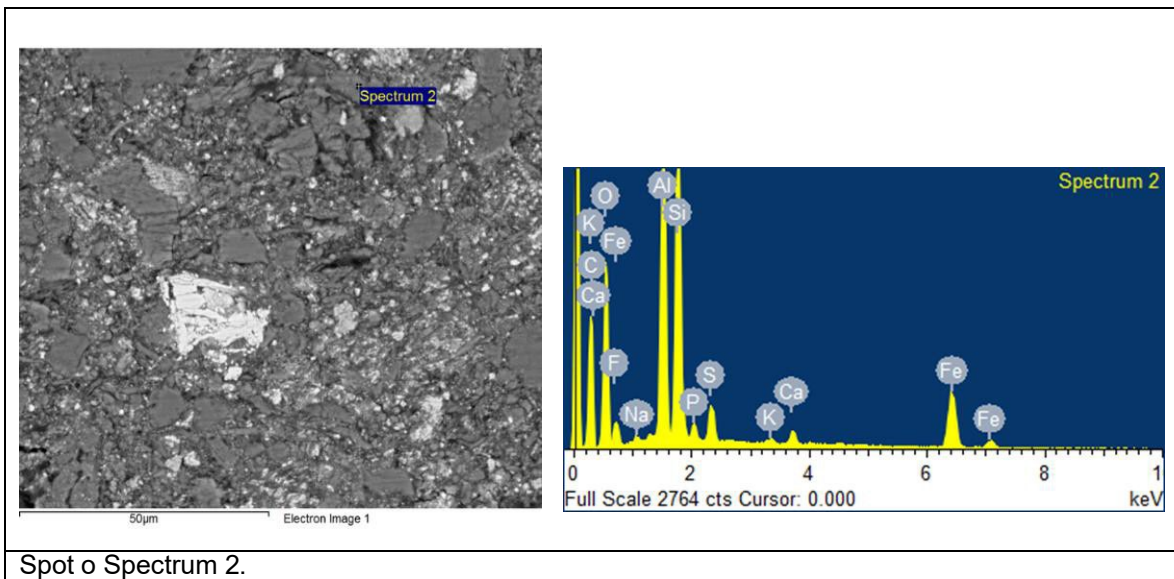
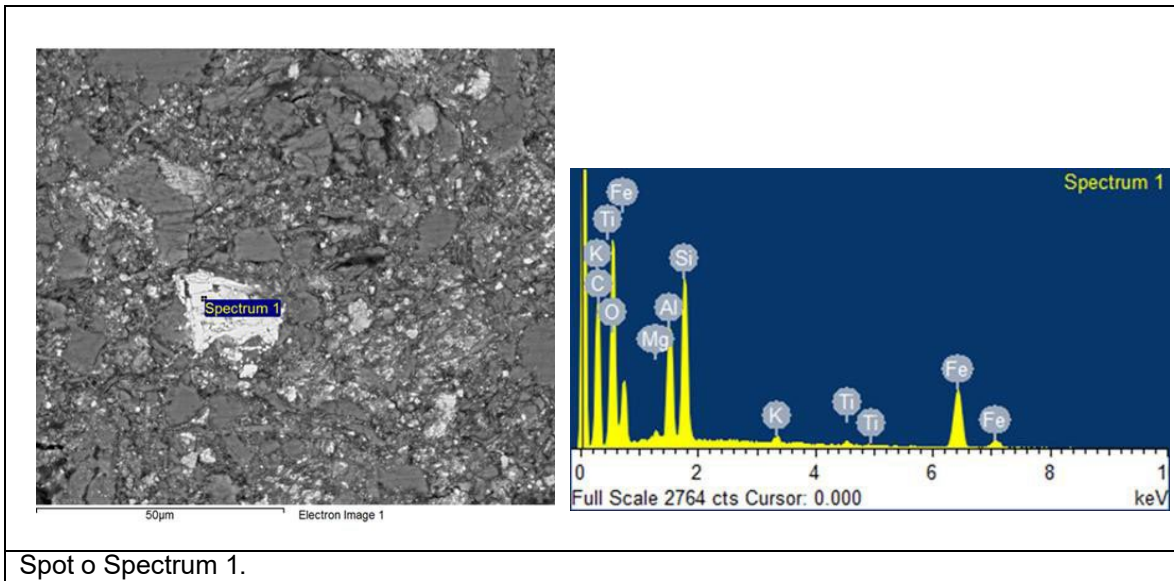
			4. Densidad alta
P35T	Ocre yeso grasa animal agua carbón		<p>Longitud: 2617 um Ancho: 845 um</p> <p>1. Granulometría heterogénea</p> <p>2. Textura media</p> <p>3. Inclusiones: -cristalinas subredondeadas en densidad alta -blancas subangulares aisladas -negras subangulares aislada</p> <p>4. Densidad alta</p>

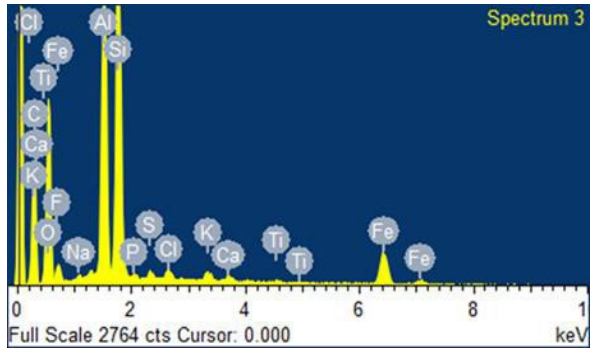
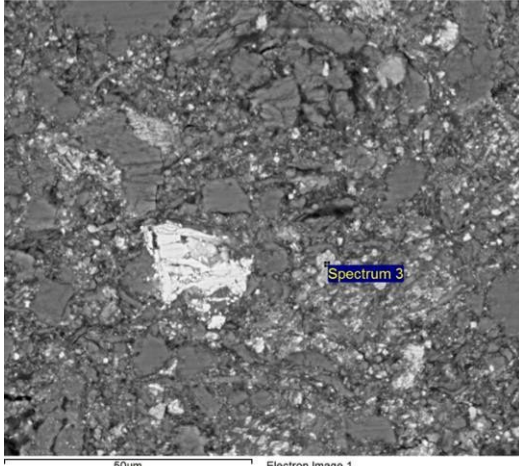
Fuente: Esquema basado en Landino, M., (2020).



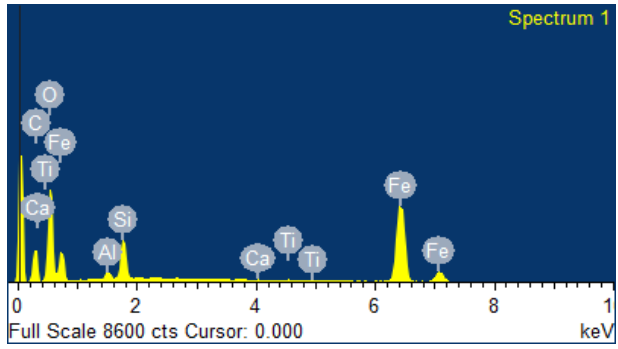
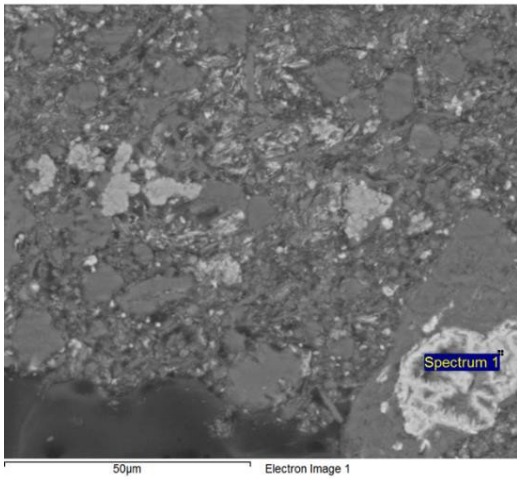
10.5 Anexo V. Resultados análisis puntuales de muestras control de pigmentos.

1. Medidas de muestra control 01 (MC01).

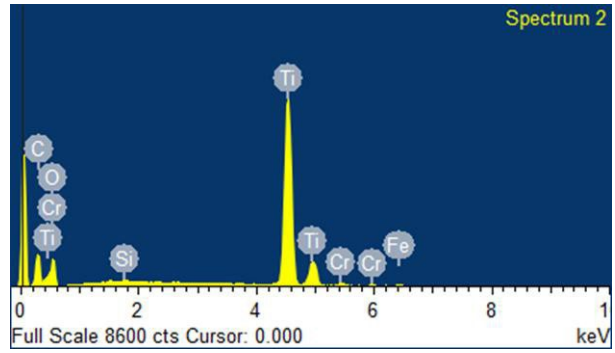
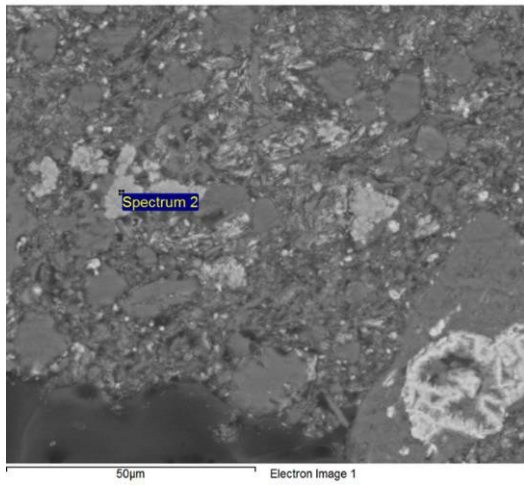




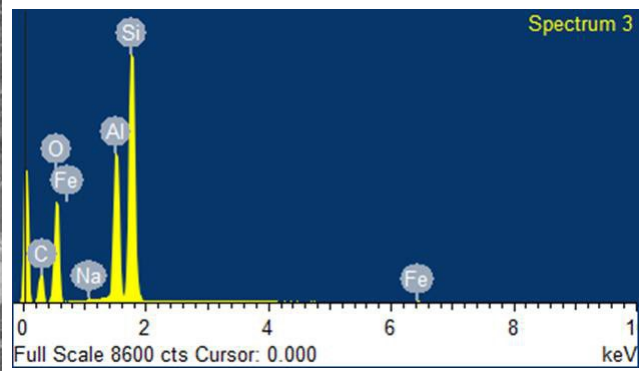
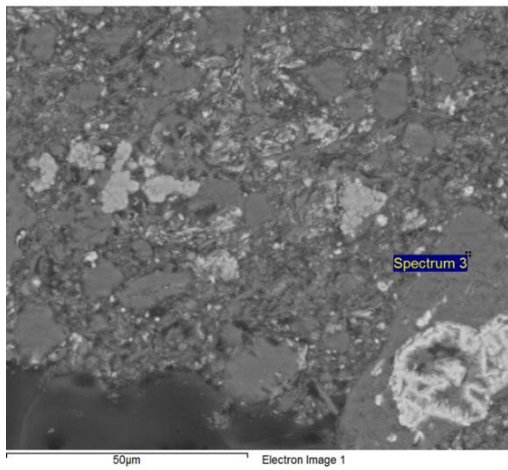
Spot o Spectrum 3.



Spot o Spectrum 4.

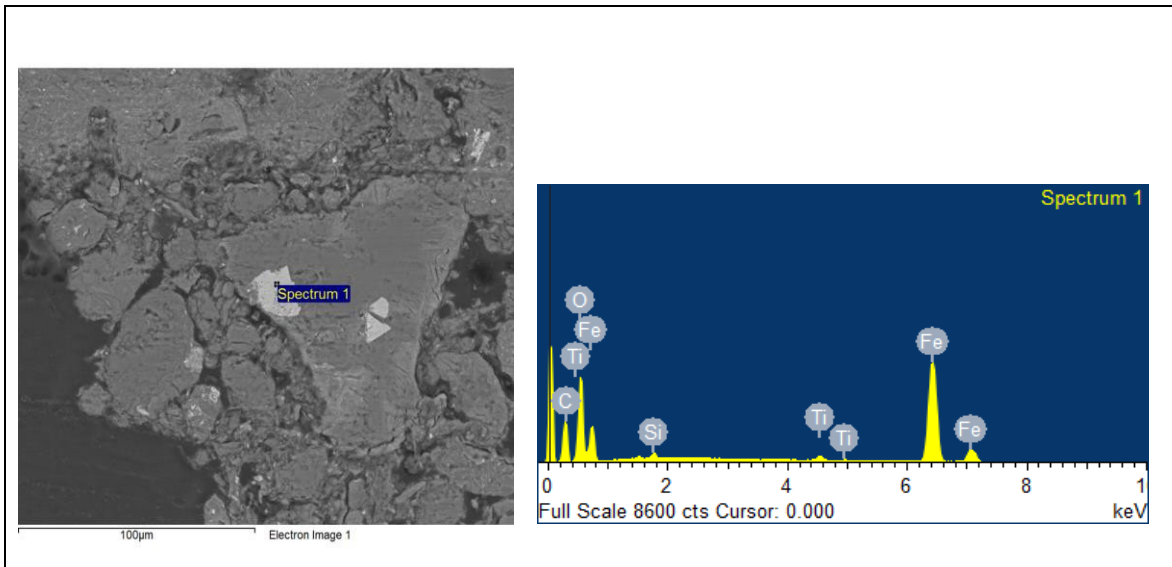


Spot o Spectrum 5.

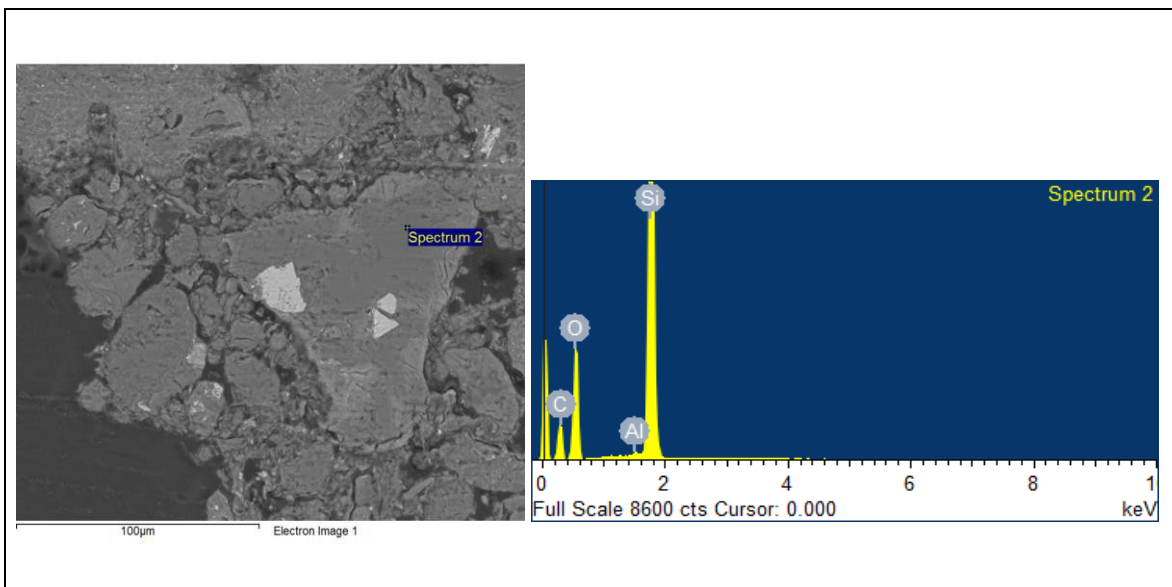


Spot o Spectrum 6.

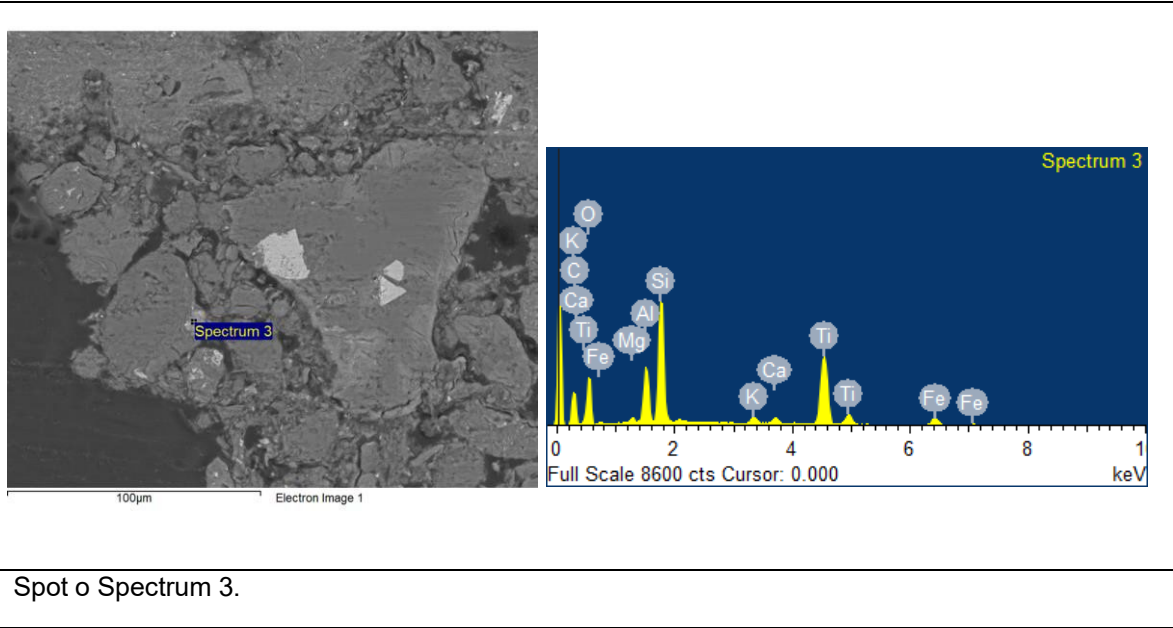
## 2. Muestra control 08 (MC08).



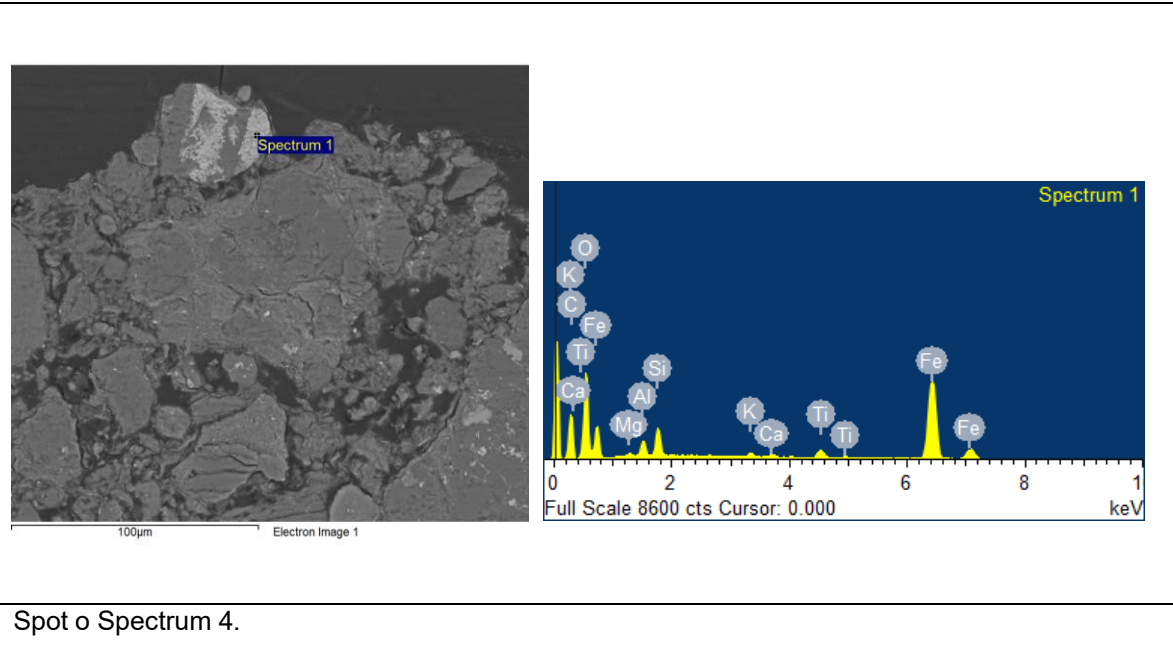
Spot o Spectrum 1.



Spot o Spectrum 2.

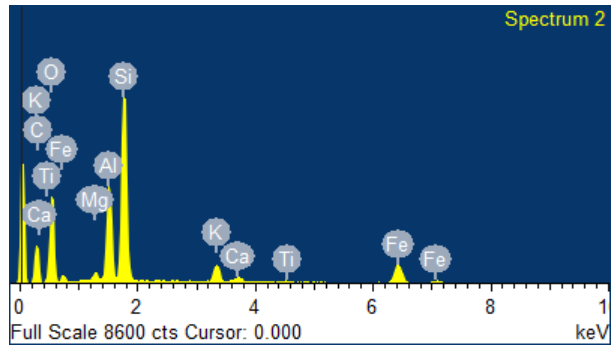
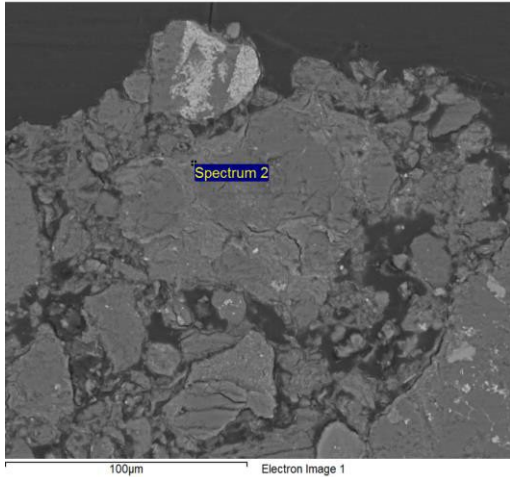


Spot o Spectrum 3.

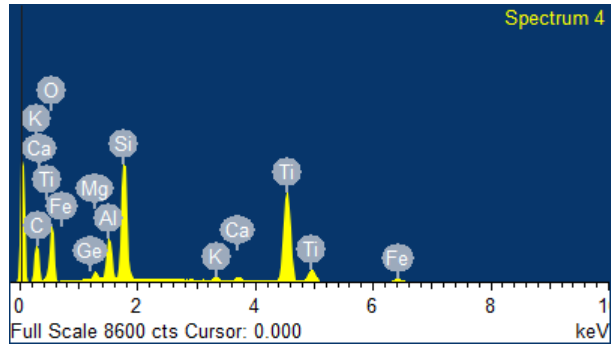
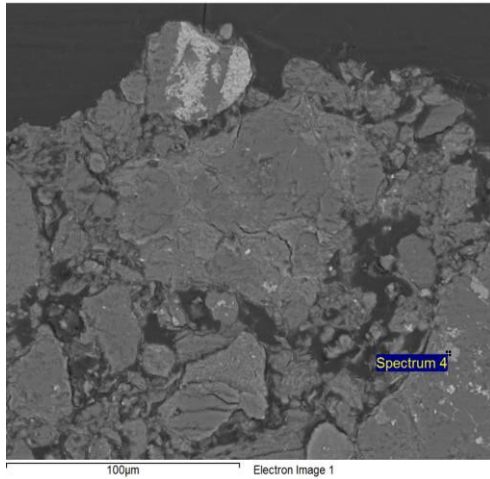


Spot o Spectrum 4.





Spot o Spectrum 5.



Spot o Spectrum 6.