



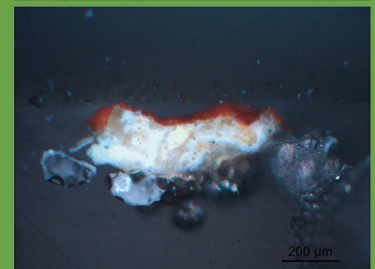
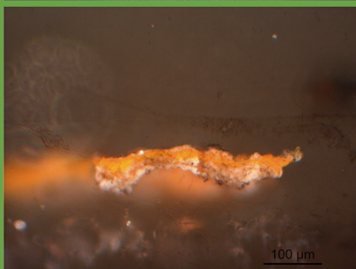
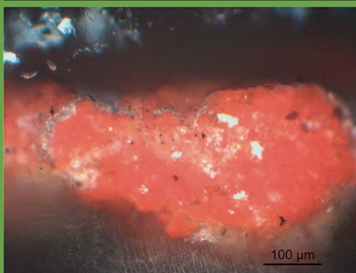
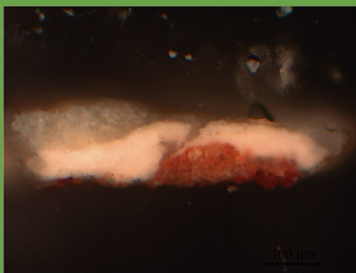
Universidad Nacional
de San Martín



Instituto de Investigaciones
sobre el Patrimonio Cultural
TAREA-IIPC_UNSAM

UN ACERCAMIENTO A LAS TÉCNICAS PICTÓRICAS DE LAS PINTURAS RUPESTRES PREHISPÁNICAS DE LA MARÍA, MESETA CENTRAL DE LA PATAGONIA, PROVINCIA DE SANTA CRUZ

Trabajo Final Integrador
Licenciatura en Conservación y Restauración del Patrimonio Cultural



Autor: Matías Roberto Landino

Tutor: Dr. Lucas I. Gheco

Co-Tutora: Lic. Noemí E. Mastrángelo

AÑO 2020

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES.....	12
2.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	12
2.2 OTROS SITIOS CON ARTE RUPESTRE DE LA REGIÓN	13
2.3 LA LOCALIDAD ARQUEOLÓGICA LA MARÍA	15
2.4 EL ARTE RUPESTRE DE LA MARÍA.....	17
2.5 LOS PROCESOS TÉCNICOS DE PRODUCCIÓN DE LAS PINTURAS RUPESTRES DE LA MARÍA.....	19
2.5.1 <i>Materias primas</i>	19
2.5.2 <i>Las técnicas pictóricas de La María</i>	21
2.6 UN ABORDAJE MICRO-ESTRATIGRÁFICO DEL ARTE RUPESTRE DE LA MARÍA.....	23
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO-METODOLÓGICO.....	25
3.1 ENFOQUE TEÓRICO.....	25
3.1.1 <i>Conceptos de sitio arqueológico y localidad arqueológica</i>	26
3.1.2 <i>Concepto de motivo rupestre</i>	27
3.1.3. <i>Concepto de estilo</i>	28
3.1.4 <i>El estudio de la materialidad del arte rupestre</i>	30
3.1.5 <i>El abordaje de los procesos de producción en el arte rupestre</i>	31
3.1.6 <i>Las técnicas artísticas y las formas de aplicación</i>	33
3.2 ENFOQUE METODOLÓGICO	34
3.2.1 <i>Primera etapa: revisión de los análisis químicos y ejecución del análisis morfológico micro-estratigráfico de las pinturas rupestres de La María</i>	34
3.2.1.1 Descripción de las variables consideradas dentro del análisis morfológico.....	35
3.2.1.2 Procedimiento de análisis morfológico micro-estratigráfico de muestras arqueológicas	36
3.2.2 <i>Segunda etapa: Confeción y análisis morfológico micro-estratigráfico de probetas experimentales en laboratorio</i>	40
3.2.2.1 Materiales y procedimiento	41
CAPÍTULO 4: RESULTADOS	47
4.1. RESULTADOS DE LA PRIMERA ETAPA: MATERIALIDAD Y ANÁLISIS MICRO-ESTRATIGRÁFICO DE LAS PINTURAS RUPESTRES DE LA MARÍA.....	47
4.1.1. <i>Revisión de los análisis químicos de las muestras arqueológicas</i>	47
4.1.2. <i>Análisis morfológico micro-estratigráfico de las muestras arqueológicas</i>	51
4.1.2.1 Resultados de las muestras arqueológicas digitales	51
4.1.2.2 Resultados de las muestras arqueológicas a pincel	59
4.1.2.3 Resultados de las muestras arqueológicas estarcidas.....	67

4.2. RESULTADOS DE LA SEGUNDA ETAPA: ANÁLISIS MORFOLÓGICO MICRO-ESTRATIGRÁFICO DE LAS MUESTRAS EXPERIMENTALES	74
4.2.1 <i>Roca soporte</i>	75
4.2.2 <i>Muestras experimentales digitales</i>	76
4.2.3 <i>Muestras experimentales a pincel</i>	81
CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN.....	85
5.1. DISCUSIÓN SOBRE LAS MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS	85
5.1.1 <i>Comparación de las variables cualitativas</i>	86
5.1.2 <i>Comparación de las variables cuantitativas</i>	88
5.2 DISCUSIÓN SOBRE LAS MUESTRAS EXPERIMENTALES ESTUDIADAS	91
5.2.1 <i>Aspectos en común entre las muestras experimentales digitales y a pincel</i>	92
5.2.2 <i>Diferencias entre las muestras experimentales digitales y a pincel</i>	93
5.2.3 <i>Comparación de variables cuantitativas entre las muestras experimentales</i>	94
5.3 COMPARACIÓN DE MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS Y EXPERIMENTALES	95
5.3.1 <i>Variables cualitativas</i>	95
5.3.2 <i>Variables cuantitativas</i>	96
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES.....	100
6.1 CONCLUSIONES HISTÓRICO-ARQUEOLÓGICAS	100
6.2 CONCLUSIONES METODOLÓGICAS.....	106
6.3 PALABRAS FINALES	108
BIBLIOGRAFÍA	109
AGRADECIMIENTOS	119
ÍNDICE DE FIGURAS	121
ÍNDICE DE TABLAS.....	123
ANEXOS	125
A. FOTOGRAFÍAS DE LOS MOTIVOS RUPESTRES MUESTREADOS EN LA MARÍA	125
B. ANEXO DE TABLAS	138
C. MICROGRAFÍAS DE LAS MUESTRAS DE PINTURAS RUPESTRES DE LA MARÍA ESTUDIADAS EN ESTE TRABAJO	154
<i>Micrografías de las muestras arqueológicas digitales</i>	154
<i>Micrografías de las muestras arqueológicas a pincel</i>	157
<i>Micrografías de las muestras arqueológicas estarcidas</i>	161
D. MICROGRAFÍAS DE LAS MUESTRAS EXPERIMENTALES ESTUDIADAS EN ESTE TRABAJO	164
<i>Muestras experimentales digitales</i>	164
<i>Muestras experimentales a pincel</i>	168

Capítulo 1: Introducción

Este trabajo intenta aportar al conocimiento sobre cómo fueron producidas las excepcionales pinturas rupestres de la localidad arqueológica La María, en la provincia de Santa Cruz, Argentina. Específicamente, indaga en un aspecto de las técnicas pictóricas involucradas, las técnicas de aplicación de las pinturas. El trabajo toma como punto de partida dos proyectos de investigación radicados en la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), dirigidos por los doctores Rafael Paunero y Ariel Frank, con los que TAREA-IIPC investiga desde hace varios años.¹ Este capítulo introduce el problema de investigación, fundamenta su relevancia e incluye un esquema de lo que discutirá en cada sección.

Se denomina como “arte rupestre” al conjunto de pinturas (o pictografías) y grabados (petroglifos) ejecutados sobre rocas (Carballido y Fernández, 2001). Otros autores incluyen también a los geoglifos, que son motivos de gran tamaño conformados en el terreno, y a los motivos mixtos, que combinan grabados y pinturas (Podestá y Strecker, 2014). A un nivel global, constituye el registro visual más importante de miles de años de culturas y de sus interacciones con otros pueblos, seres y ambientes (Agnew *et al.*, 2015). Debido a que, en la mayoría de los casos, los pueblos que lo produjeron ya no se encuentran presentes, la pérdida de este tipo de patrimonio cultural es absolutamente irremplazable, con un impacto fuerte en las comunidades locales y en la historia general de la humanidad (Agnew *et al.*, 2015). Esta problemática es importante en nuestro país, ya que la Argentina no es una excepción en la distribución ubicua del arte rupestre, contando con unos 1500 sitios arqueológicos con pinturas y grabados rupestres registrados hasta 1988, cifra probablemente triplicada en la actualidad a partir de los nuevos hallazgos (Podestá y Strecker, 2014).

Como se verá más adelante, durante mucho tiempo el arte rupestre fue estudiado por la arqueología en su conexión a las esferas ideológicas y simbólicas, bajo distintos tipos de marcos teóricos (Fiore, 2018). Más recientemente, diferentes investigadores insistieron en la relevancia de situar en el centro de atención a “la materialidad de sus

¹ Los nombres de dichos proyectos de investigación son “Investigaciones arqueológicas en la Meseta Central de Santa Cruz: Pasado humano y comunicación. Etapa III”, Director: R. Paunero y “Arqueología de la Meseta Central de Santa Cruz: cambios y continuidades entre la transición Pleistoceno final/Holoceno temprano y el Holoceno medio”, Director A. Frank.

confecciones”, cuya importancia había sido sustraída en los abordajes previos (Ingold, 2007). Este enfoque abrió nuevas formas de comprender cómo los pueblos observaban y experimentaban el mundo y cuáles fueron los roles que las pinturas y grabados rupestres desarrollaron en esos procesos (Fiore, 2018; Sepúlveda, 2020). Entre los distintos aspectos que permite abordar el estudio de la materialidad se encuentran los procesos de producción del arte rupestre.

Siguiendo con lo anterior, los procesos técnicos de la producción del arte rupestre involucran los tipos de materias primas, herramientas, gestualidad técnica y conocimientos empleados en la creación de las imágenes sobre un soporte rocoso (Fiore, 2018). En relación con estos procesos, que pueden ser modelados analíticamente en una secuencia de producción con diferentes etapas (Aschero, 1988; Fiore, 2018; Sepúlveda, 2020), distintos investigadores han demostrado que cada una de ellas dejan en el registro arqueológico diferentes indicios materiales y que es posible identificarlas a partir de distintas estrategias analíticas (Chalmin y Huntley; 2017; Chalmin, Menu y Vignaud, 2003; d'Errico *et al.*, 2016; Fiore, 2018; Gheco *et al.*, 2020; López Montalvo *et al.*, 2017; Moya, 2016; Vergara, Troncoso e Ivanovic, 2016; Vignaud *et al.*, 2006).

Por otra parte, desde el campo de la historia del arte, se ha considerado a la técnica artística como “todo lo que interviene en la realización física de la obra en su camino hasta constituirse en objeto de la percepción; es la materia original de la imagen, intrínseca a su propia historia” (Bordini, 1995: 8). La misma autora refiere que ello constituye un “patrimonio imprescindible de conocimientos y de experiencias teóricas y prácticas” y, por ende, el estudio de la técnica no sólo es necesario para comprender de forma integral las obras, sino también porque permite indagar sobre los comportamientos de los productores de imágenes en el marco de las relaciones entre sus saberes, experiencias y su producción material y simbólica. Frecuentemente, los estudios técnicos de las obras de arte se asocian con las fuentes textuales contemporáneas y, en ocasiones, con análisis de los materiales constitutivos. De esta manera, en ese ámbito disciplinar también se ha reconocido, inclusive en contextos de producción distintos al occidental, la importancia de los estudios materiales como documentos (Siracusano, 2005).

Además de la arqueología y la historia del arte, otras disciplinas se han ocupado también del estudio de los materiales y técnicas empleados en la confección de los objetos culturales, tales como la historia de las técnicas artísticas, la ciencia de la

conservación y la arqueometría (Trentelman, 2010). En el caso de las imágenes producidas en contextos culturales con comunicación no escrita alfabéticamente, la imposibilidad de acceder a documentos escritos contemporáneos a la ejecución de los motivos vuelve a los testimonios materiales una fuente primaria importante para conocer sus historias.

La relevancia del estudio de las técnicas artísticas es conocida en el campo de la conservación del patrimonio cultural desde hace tiempo, con estudios como el de Karl Dasser (1991) sobre las pinturas murales del Castillo de Seehof, en Bamberg, Alemania. Allí, ese autor concluyó que una comprensión exacta de la técnica original no sólo sirve al conocimiento académico, sino también es necesaria para la detección correcta de los deterioros y un tratamiento óptimo. Además, señaló que, a su juicio, las personas más capacitadas para el entendimiento cabal de una obra de arte son los conservadores-restauradores, con su particular desarrollo de la capacidad de observación y su sensibilidad (Dasser, 1991). Por ende, la mirada desde esta disciplina podría ser beneficiosa a la hora de comprender de una forma más completa al arte rupestre, complementándose con los saberes provenientes de otros campos disciplinares, como la arqueología y la historia del arte.

Por otra parte, la información obtenida a partir de la investigación científica de las obras de arte tradicional ha permitido también avanzar en la caracterización de las técnicas pictóricas en distintos casos (Spring *et al.*, 2011), (Vandivere *et al.*, 2019, 2020) y (Harth *et al.*, 2017). En esos trabajos, la combinación de diferentes técnicas analíticas aplicadas a su análisis material con el estudio de fuentes históricas fundamentó la comprensión de varias etapas del proceso de las técnicas pictóricas, abarcando la caracterización de los pigmentos y aglutinantes empleados, la secuencia de estratos, el tipo de preparación del soporte y, algunas veces, la gestualidad y las formas de aplicación de los estratos pictóricos. Con respecto a las pinturas murales occidentales², también se han realizado diversos estudios que, en su mayoría, permitieron evaluar las técnicas pictóricas y la aplicación al *fresco* o *a secco* de las pinturas (Bersani *et al.*, 2014; Daniilia *et al.*, 2000, 2008; De Benedetto *et al.*, 2013; Magon y Del Lama, 2019; Regazzoni *et al.*, 2018). A nivel local, algunos ejemplos son los trabajos sobre los morteros del mural Ejercicio Plástico (Cedrola *et al.*, 2009), y

² El autor se refiere de esta forma al arte mural occidental para distinguirlo del arte rupestre. En los ejemplos seleccionados se incluyen obras que abarcan desde la Edad Media hasta el arte moderno del siglo XX.

sobre los materiales y técnicas de los murales pintados por Juan Carlos Castagnino, Lino Enea Spilimbergo, Demetrio Urruchúa y Manuel Colmeiro, en la misma ciudad (Moretti *et al.*, 2013). Estas pesquisas en el arte occidental mueble y murario tienen la potencialidad de ser aplicadas en el estudio del arte rupestre, para indagar en aspectos que, a veces, pasan desapercibidos bajo las miradas tradicionales que lo interpelan.

Con respecto a los estudios sobre la ejecución del arte rupestre no-occidental, en general, existió un mayor desarrollo de enfoques centrados en metodologías macroscópicas, con un énfasis en las investigaciones sobre las técnicas de grabado (Bednarik y Montelle, 2010). En el caso de las pinturas rupestres, el análisis físico-químico de los pigmentos ha permitido, en algunos contextos, conocer más sobre la tecnología de producción de las mismas (Chalmin *et al.*, 2003); inclusive, se han inferido gestos técnicos y la posible preparación del soporte rocoso (Vignaud *et al.*, 2006). Otros investigadores han aplicado un enfoque multianalítico y experimental, obteniendo resultados sobre la tecnología empleada en las distintas etapas del proceso de producción, incluyendo la aplicación de las capas pictóricas (d'Errico *et al.*, 2016). Sin embargo, también se ha señalado la necesidad de ahondar en la investigación exhaustiva de la tecnología de producción del arte rupestre, tanto en contextos generales (Bednarik, 2014), como particulares (Santos da Rosa, 2019).

A una escala nacional, hubo varios avances especialmente en la elucidación de las técnicas de grabado del arte rupestre del actual territorio argentino y en la identificación de los instrumentos usados (Blanco y Lynch, 2011; Fiore, 1999). Con respecto al abordaje de las técnicas pictóricas empleadas en la ejecución de las pinturas rupestres, el número de trabajos es significativamente menor. Para la región patagónica, donde se concentra la presente investigación, estas indagaciones se llevaron a cabo a través de estudios experimentales. En referencia al arte rupestre de la Meseta Central de Santa Cruz, por ejemplo, Rafael Paunero (Paunero, 1992) y Rocío Blanco (Blanco, 2015; Blanco y Barreto, 2016) desarrollaron extensos trabajos para indagar en las técnicas de aplicación de las pinturas y obtuvieron importantes resultados. Ambos antecedentes resultan muy valiosos, ya que realizaron un programa experimental amplio y de metodología cuidadosa, con variedad de aglutinantes y elementos intermediarios (Blanco, 2015). Sin embargo, al estar basados en la observación macroscópica de los motivos arqueológicos y en su comparación formal con los resultados experimentales, esas investigaciones no tuvieron en cuenta la estructura pictórica a un nivel

microscópico, ni indagaron en la morfología de las pinturas a un nivel micro-estratigráfico.

Al respecto, entendemos que un enfoque micro-estratigráfico podría potenciar y complementar los estudios macroscópicos, ya que brindaría información desde un punto de vista perpendicular a la muestra, permitiendo identificar la estructura pictórica, individualizar y caracterizar físico-químicamente los diferentes estratos y estudiar la secuencia temporal de ejecución (Marte *et al.*, 2011). En este sentido, **un abordaje microscópico** podría ayudar a **profundizar el estudio de los motivos rupestres pintados, permitiendo ahondar en sus procesos de manufactura**, realizar inferencias sobre la preparación de las mezclas pigmentarias y de los soportes, indagar en la posible existencia de estratos superpuestos y motivos rupestres ocultos, y aproximarnos a las técnicas de aplicación utilizadas.

Siguiendo con lo expuesto, el objetivo general de este Trabajo Final Integrador es **avanzar en el conocimiento de las técnicas pictóricas empleadas en la producción de las pinturas rupestres de la localidad arqueológica La María, en la Meseta Central de la Patagonia, Provincia de Santa Cruz**. Los objetivos específicos planteados son los siguientes:

- ❖ Indagar en el potencial del análisis morfológico de muestras micro-estratigráficas de las pinturas rupestres para lograr un acercamiento a las formas de aplicación de la capa pictórica en los distintos motivos.
- ❖ Explorar las potencialidades y límites de un abordaje experimental micro-estratigráfico que permita comparar las pinturas rupestres arqueológicas con probetas producidas en el laboratorio.
- ❖ Comenzar a explorar las relaciones entre los resultados de los análisis químicos de las pinturas rupestres y las formas de aplicación.

Esta investigación es relevante, al menos, por tres motivos. En primer lugar, indagar en las diferentes formas de aplicación de las pinturas rupestres permitiría un acercamiento más detallado a la diversidad de técnicas pictóricas empleadas por los grupos humanos que produjeron esas imágenes, lo cual aportaría a complejizar, todavía

más, la visión del arte rupestre y sus creadores. Este abordaje podría evitar enfoques reduccionistas que tienden a una homogeneización de los procesos de confección de los motivos pintados a lo largo de miles de años y, en consecuencia, de la historia de su producción y usos. Al intentar comprender la diversidad de formas de aplicación a partir de micro-muestras provenientes de distintos motivos pintados, se ampliaría la evidencia material a partir de la cual establecer hipótesis fundadas sobre su distribución espacio-temporal y posibles funciones. De esta forma, el estudio de las técnicas pictóricas trasciende la mera descripción de cómo fueron hechas las imágenes y se tornan relevantes para la comprensión de diversos aspectos de la materialidad del arte rupestre (Fiore, 2018). En segundo lugar, las técnicas pictóricas del arte rupestre prehispánico de la Patagonia fueron estudiadas desde una perspectiva macroscópica y, por ende, esta investigación complementaría dicho enfoque, al permitir alcanzar otros aspectos únicamente accesibles desde una aproximación micro-estratigráfica. Por último, aunque no menor, el mayor conocimiento de las técnicas pictóricas de las pinturas rupestres apoyará el desarrollo en el futuro de planes de conservación de este patrimonio tan importante para la región.

Las pinturas rupestres estudiadas en esta investigación se encuentran en la Localidad Arqueológica La María, con un área de unos 220 km² y ubicada en la Meseta Central de la Patagonia, a más de 200 km al sureste del Río Pinturas (Paunero *et al.*, 2005; Podestá, Paunero, y Rolandi, 2005). Ella cuenta con, al menos, 77 cuevas y aleros con manifestaciones rupestres. En función de la cantidad de cuevas y de la densidad de pinturas relevadas, constituye la principal localidad de arte rupestre de la Patagonia meridional (Frank *et al.*, 2020). Se estima que la realización de las pinturas se inició durante el poblamiento temprano de la región, hace aproximadamente 13.000 años y se habría mantenido constante hasta el Holoceno tardío (Paunero, 2012). De esta manera, como consecuencia de tan extensa historia, en La María se observa una gran diversidad de motivos pintados, que incluyen negativos de mano, guanacos aislados o en escena, antropomorfos, felinos y soles, así como motivos abstractos expresados en óvalos, círculos concéntricos y líneas y puntos agrupados formando distintas figuras (Paunero *et al.*, 2005; Paunero, 2012) (Figura 1).

Para abordar el problema de investigación se planteó, en función de los objetivos del trabajo, una metodología analítica-experimental conformada por dos etapas: 1- revisión de los análisis físico-químicos y ejecución del análisis morfológico micro-

estratigráfico de las pinturas rupestres de La María; 2- Confección y análisis morfológico micro-estratigráfico de maquetas experimentales en laboratorio. Si bien la metodología será descrita en detalle en el capítulo correspondiente, a continuación se detallan algunas de sus características.

La primera etapa comprende una revisión de los resultados de análisis por micro-espectroscopía Raman (μ ER) y microscopía electrónica de barrido con espectroscopía de rayos X con dispersión de energía, (MEB-EDS) que otorgan, respectivamente, información molecular y elemental sobre los compuestos presentes en los diferentes estratos de las muestras de pinturas rupestres de La María. Cabe destacar que dichos estudios químicos, cuya extensión excede los límites de este trabajo, cuentan con resultados avanzados y publicados por parte del equipo de investigación del que participa quien suscribe (Frank *et al.*, 2020)³. En esta ocasión, esos resultados son indagados desde la óptica del problema de este trabajo, es decir, desde las formas de aplicación. Por otra parte, esta misma etapa involucra el análisis morfológico de las secciones transversales de una selección de 39 muestras arqueológicas, de acuerdo con sus distintas técnicas de aplicación (digital, a pincel y estarcida), siguiendo la metodología descrita en trabajos anteriores (Marte *et al.*, 2011; Mastrangelo, 2013).

³ Los análisis químicos de las pinturas rupestres de La María fueron realizados por el equipo de investigación que integra el autor de este trabajo, en el marco de los proyectos de investigación mencionados en la nota n1 de este capítulo.



Figura 1: Algunos motivos pintados de La María. Obsérvense la diversidad de técnicas, colores y formas existentes. A. motivos abstractos circulares concéntricos policromos, punteados, líneas y pisadas. B. Negativo de mano amarillo con puntos sobre guanaco. C. Guanaco delineado con puntos, motivos lineales, manos negativas. D. Sol con puntos. E. Estarcido de mano y pisadas positivas (felino y choique). La última se encuentra superpuesta a un circular. Todas las fotografías son gentileza del Dr. Ariel Frank.

La segunda etapa metodológica es de carácter experimental, con el objetivo de obtener una probeta de distintas formas de aplicación de las pinturas posible de ser muestreada y analizada micro-estratigráficamente. Para ello, se evalúan dos procedimientos de aplicación (digital y a pincel), que corresponden a dos de las técnicas de aplicación frecuentemente identificadas en las pinturas de la localidad a partir de los

estudios macroscópicos⁴. A partir de los resultados obtenidos en ambas etapas, se realiza una comparación entre las variables estudiadas en ambos grupos, para lograr comprender mejor las características morfológicas de las muestras y su relación con las técnicas de aplicación.

Con respecto a la estructura de este trabajo, consta, además de esta introducción, de cinco capítulos. En los antecedentes se comentarán y analizarán críticamente las investigaciones anteriores referidas al arte rupestre de La María, su materialidad y sus técnicas pictóricas. Se introducirá la localidad arqueológica, contextualizándola en la región y en los estudios del arte rupestre patagónico. Se abordará la descripción de los motivos pintados y su clasificación, así como los antecedentes más significativos respecto a los análisis físico-químicos de las mezclas pigmentarias de las pinturas rupestres de la región. También se aludirá a las investigaciones realizadas sobre los procesos de producción del arte rupestre de la zona y, específicamente, sobre las técnicas de aplicación de las pinturas.

En el capítulo 3 se describirá el marco teórico-metodológico que guía esta investigación, fundamentando la importancia del estudio de la materialidad del arte rupestre, frente a otros enfoques teóricos. También, se definirán los conceptos más relevantes para esta investigación, que provienen del ámbito de la arqueología y la historia del arte. En una segunda parte de este capítulo se desarrollará detalladamente la metodología y el procedimiento de trabajo, con las técnicas utilizadas en cada etapa.

A continuación, en el capítulo 4, se expondrán los resultados obtenidos en los distintos análisis. Se presentará la información discriminada por etapas de trabajo, acompañada de imágenes, tablas y los gráficos necesarios. En el capítulo 5 se discutirán los resultados obtenidos, se desarrollará el análisis comparativo entre la información de las muestras arqueológicas y de las muestras experimentales, y se destacarán los principales aportes y límites de este enfoque para el conocimiento de las diferentes formas de aplicación de las pinturas rupestres.

Por último, en las conclusiones se integrarán las distintas líneas de evidencia consideradas, haciendo referencia a los puntos más relevantes de este trabajo, sus límites y los problemas a indagar en investigaciones futuras.

⁴ El proyecto original de este trabajo incluía una tercera técnica de aplicación (estarcido directo). Esa probeta fue realizada, pero debido a la pandemia global del SARS-COV-2 y las restricciones de circulación y acceso que generó, no pudieron incluirse y analizarse las micro-muestras correspondientes.

Capítulo 2: Antecedentes

En este capítulo se comentarán los antecedentes más relevantes en relación con el arte rupestre prehispánico de La María, en la Provincia de Santa Cruz, haciendo especial énfasis en sus características materiales. Para ello, se partirá desde un panorama más amplio, ubicando a la localidad arqueológica dentro de los estudios del arte rupestre de la Patagonia. A continuación, se describirá en detalle el arte rupestre de La María y sus características técnicas, recurriendo a las clasificaciones planteadas. Por último, se comentarán los avances más significativos en el análisis de la materialidad del arte rupestre de la localidad arqueológica. Este repaso servirá a los fines de comprender la situación problemática que da origen a este trabajo final y fundamenta la relevancia de sus objetivos.

2.1. Localización del área de estudio

La Meseta Central de Santa Cruz se desarrolla geográficamente entre los paralelos 47° y 49°S y entre los meridianos 67° y 70°O, con una altitud entre los 100 y 500 metros sobre el nivel del mar. Posee numerosos sitios y localidades arqueológicas que posibilitaron la investigación sobre el arte rupestre, los procesos de poblamiento en Sudamérica y los cambios ambientales (Paunero, 2012). La región presenta un clima templado frío, árido y ventoso. Según Miotti (1991), es posible distinguir tres áreas dentro de ella en relación con el arte rupestre: 1) el sector norte, que comprende las localidades arqueológicas Los Toldos y Aguada del Cuero, con un predominio de los motivos pintados de manos negativas; 2) el sector centro-este, cerca de Piedra Museo, con una alta concentración de pisadas de animales ejecutadas en grabado; y 3), el sector sur, con las localidades de La María, El Ceibo y La Martita, con un amplio desarrollo de los motivos zoomorfos, que incluyen guanacos, aves y felinos (Carden, 2007).

Desde un punto de vista geológico, estos sitios arqueológicos se ubican dentro del Macizo del Deseado, que se extiende entre los ríos Deseado y Chico y comprende el área delimitada entre la costa del Atlántico hasta el Río Pinturas, en el oeste, que separa el ambiente de la meseta del cordillerano (Carden, 2007). Este macizo se caracteriza por tener un origen volcánico, con afloramientos de pórfidos y por poseer una alta

concentración y fácil acceso a materias primas líticas de buena calidad, así como minerales cromóforos para la elaboración de mezclas pigmentarias (Carden, 2007; Paunero *et al.*, 2005).

2.2 Otros sitios con arte rupestre de la región

La región de la Patagonia Meridional posee numerosos sitios con manifestaciones rupestres, con varias dataciones referidas a ocupaciones del Pleistoceno Final (Paunero, 2012; Podestá, Paunero y Rolandi, 2005). En esa zona, ubicada entre los ríos Deseado y Santa Cruz, sobresalen el Cañadón del Río Pinturas, con el célebre sitio Cueva de las Manos, y localidades de la Meseta Central como Los Toldos, Piedra Museo, El Ceibo, La Martita y, por supuesto, La María (Figura 2).

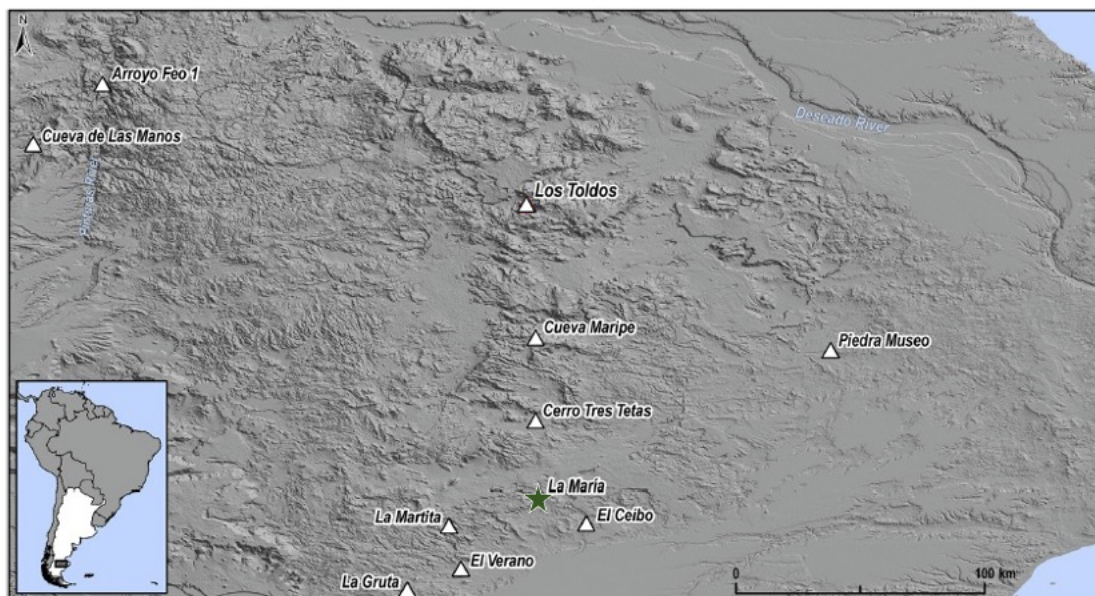


Figura 2: Algunas localidades y sitios arqueológicos con arte rupestre en el área del Macizo del Deseado. (Tomado y modificado de Carden y Miotti, 2020).

Las pinturas rupestres del Cañadón del Río Pinturas fueron estudiadas sistemáticamente desde la década de 1970, bajo la pesquisa de Carlos Gradín y sus colaboradores (Gradín *et al.*, 1976; Gradín *et al.*, 1979). A partir de esos estudios, se concluyó que los primeros pobladores cazadores-recolectores de esa zona habrían llegado hace unos 9300 años, y se obtuvo información sobre el tipo de actividades que realizaban y los artefactos que confeccionaban. La investigación sistemática del sitio y

de su evidencia arqueológica fomentó el reconocimiento de su relevancia por parte de la sociedad argentina y del mundo.

En 1993, el Congreso Nacional designó al sitio Cueva de las Manos como Monumento Histórico Nacional (Ley 24.225/93), al tener en cuenta sus altos valores histórico-cultural, natural, científico y estético-simbólico (Onetto, 2001). Al contar con un entorno natural privilegiado, numerosas investigaciones arqueológicas y un acervo patrimonial conformado por más de 1900 negativos de manos pintadas, con distintas tonalidades, en 1999 fue declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad (Onetto, Funes y Murgo, 2010). Este antecedente es muy relevante para el arte rupestre de nuestro país, ya que significó el reconocimiento nacional e internacional de la importancia de este patrimonio y su conservación (Onetto, 2001; Onetto, Funes y Murgo, 2010).

Dentro del conocimiento generado mediante la investigación científica de la Cueva de las Manos se encuentra el estudio de los materiales empleados en la producción de las pinturas rupestres. Los investigadores analizaron las mezclas pigmentarias mediante difracción de rayos X (DRX) y lograron determinar una secuencia estilística a través del estudio de las superposiciones de los motivos, conectada a la estratigrafía del sitio a partir del hallazgo de pigmentos durante la excavación (Gradín, Aschero y Aguerre, 1979). Dicha clasificación, que se volvió una base para las clasificaciones estilísticas en otros sitios de Patagonia (Podestá *et al.*, 2005), define los grupos estilísticos A, B y C, a los que se les añaden D y E en sitios cercanos (Gradín *et al.*, 1979). A modo de un breve resumen, el grupo A comprende las escenas de caza y los negativos de manos; el B, conjuntos de guanacos y negativos de manos, con un subgrupo B1 de motivos biomorfos estilizados; el C posee motivos lineales y geométricos; el D correspondería al “estilo de grabado de pisadas” y el E, con el “estilo de grecas” (*sensu* Menghin, 1957). Con respecto a los análisis químicos de pigmentos, se detectaron por DRX: "hematita para el violáceo y bermellón; maghemita y hematita para el rojo; maghemita para el ocre rojizo; natrojarosita para el ocre amarillo y el amarillo; illita para el blanco" y todas las pinturas contenían yeso hemidrato, interpretado por los investigadores como resultado de una calcinación a baja temperatura (Gradín *et al.*, 1979, p. 189; Iñíguez y Gradín, 1977).

Con respecto a las localidades mencionadas de la Meseta Central, las investigaciones de Augusto Cardich y colaboradores en Los Toldos permitieron la documentación de 14 cuevas con manifestaciones rupestres, con una gran antigüedad

evidenciada por el hallazgo de fragmentos de pinturas que habían pertenecido al techo del abrigo en las capas más profundas de los sedimentos del sitio (y, por ende, las de mayor antigüedad en la ocupación) (Podestá *et al.*, 2005). Los Toldos fue importante en la definición de cronologías tempranas para la arqueología de la Patagonia, como se observa en el tratamiento que le dio Menghin en su clasificación de estilos (Menghin, 1957). Específicamente, en el sitio Los Toldos 3 fue obtenida una datación por radiocarbono de unos 12600 años (Cardich *et al.*, 1973), aunque es discutida por varios autores (Carden y Miotti, 2020; Paunero, 2012). Por otra parte, en relación con las pesquisas arqueológicas en Piedra Museo, comenzaron a realizarse de forma sistemática en la década de 1980 y se registraron dos sitios con pinturas y grabados en el interior de abrigos. Varias de las investigaciones realizadas en la localidad se enfocaron en la producción de los grabados, sus aspectos materiales y la reproducción experimental de sus técnicas (Blanco, 2015; Blanco y Lynch, 2011).

2.3 La Localidad Arqueológica La María

Retomando a las localidades arqueológicas del sector sur del Macizo del Deseado, donde se concentra este trabajo, la Estancia La María se ubica a unos 220 kilómetros al sureste del río Pinturas, con un área de unas 22.000 hectáreas. La amplia variedad de paisajes, que comprende mesetas, cañadones, zanjones y lagunas, alberga, al menos, 77 cuevas y aleros con arte rupestre (Paunero *et al.*, 2005; Podestá, Paunero, y Rolandi, 2005). Desde una perspectiva local, contiguamente a La María se halla la Estancia El Ceibo, con nueve cuevas con evidencias arqueológicas y diversas manifestaciones rupestres (Cardich, 1979; Podestá *et al.*, 2005). Por otra parte, a unos 55 kilómetros al norte se encuentra la zona del Cerro Tres Tetas, en la Estancia San Rafael, con pinturas rupestres en cuevas y aleros que se encuentran asociadas a evidencias arqueológicas de ocupación humana temprana, de finales del Pleistoceno (Podestá *et al.*, 2005).

Con respecto a las investigaciones en La María, en la década de 1980 el equipo dirigido por Augusto Cardich realizó recorridos asistemáticos en la localidad y enumeró algunas cuevas con pinturas rupestres (Paunero *et al.*, 2005; Frank *et al.*, 2020). A finales de la década, Jean-Marie Franchomme avanzó en la prospección de la localidad y en el registro del arte rupestre de los distintos sitios (Franchomme, 1991). A partir de

la década de 1990, las investigaciones en la zona fueron dirigidas por Rafael Sebastián Paunero, cuyo equipo avanzó en el reconocimiento y distribución de los sitios, siguiendo con las excavaciones arqueológicas (Paunero *et al.*, 2005). Se procuró complementar distintos enfoques metodológicos, llevando adelante la excavación de los abrigos a la par que se emprendieron programas experimentales y análisis de distintos materiales (líticos, óseos). El diseño de la investigación para La María estuvo orientado a la reconstrucción del marco cronológico-cultural y a conocer las particularidades de cada sector, con tres líneas operativas: 1) un plan de excavación; 2) el relevamiento espacial y sectorización, y 3) el relevamiento del arte rupestre (Paunero *et al.*, 2005).

Gracias a las excavaciones llevadas adelante en los sitios La Mesada, La Ventana, Casa del Minero 1 y Cueva Túnel, se logró identificar componentes datados por radiocarbono y construir una primera secuencia temporal. La misma abarca desde el Pleistoceno Final hasta el Siglo XX, con los componentes más antiguos localizados en la Cueva Túnel y en Casa del Minero 1 y dataciones del Holoceno Temprano y Medio para La Mesada, La Ventana y Casa del Minero 1 (Paunero *et al.*, 2005). Por otra parte, se definieron 13 sectores, desde un punto de vista arqueológico, ambiental y paisajístico (Paunero *et al.*, 2005). Éstos son: Sector 1 La María Bajo; Sector 2 La María Quebrada; Sector 3 Cañadón de los Sauces; Sector 4 Cañadón de la Lavandería; Sector 5 Cañadón de la Cueva de la Ventana; Sector 6 Cañadón de Las Columnas; Sector 7 Cañadón de la Mina; Sector 8 Cañadón de Puesto El Frío; Sector 9 Cerro de Las Cuevas; Sector 10 Cuevas de Los Cinco Promontorios; Sector 11 Valle de Los Manantiales; Sector 12 Cuevas del Camino; y Sector 13 Manto de Basalto (Paunero *et al.*, 2005) (Figura 3). Hasta el momento, se han encontrado manifestaciones rupestres en la mayoría de ellos, exceptuando los sectores 11 y 13. De esta manera, se señaló la presencia de 77 sitios con arte rupestre pintado, así como posibles canteras y afloramientos minerales para el aprovisionamiento de materias primas cromóforas (Paunero *et al.*, 2005).

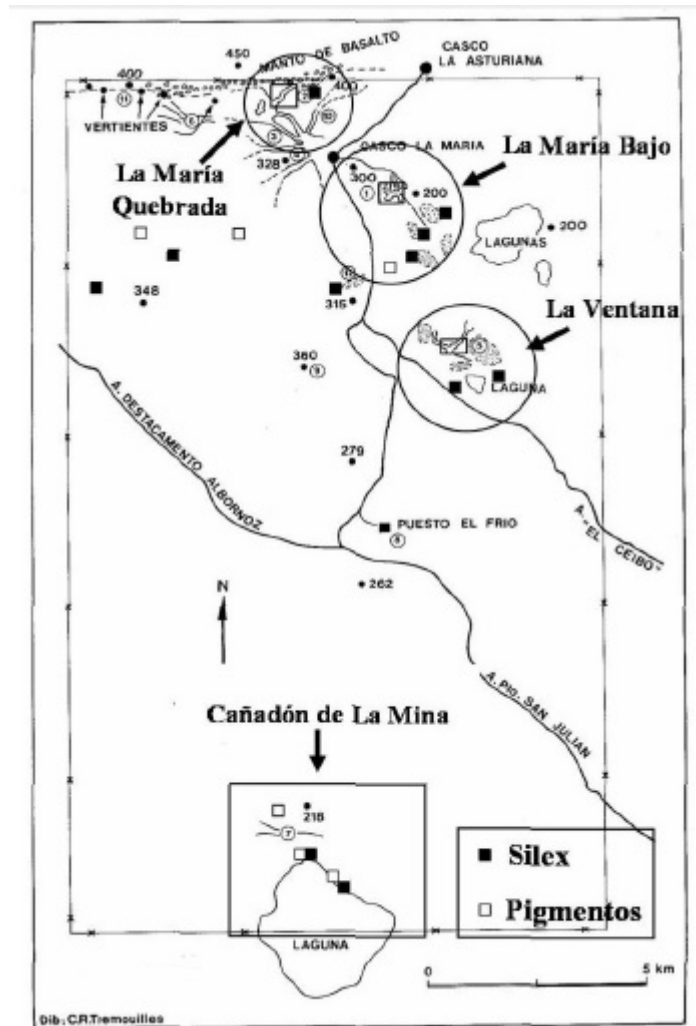


Figura 3: Plano de la localidad arqueológica La María. Tomado de Paunero *et al.* (2005).

2.4 El arte rupestre de La María

El arte rupestre en La María se conforma, según la información disponible, únicamente por pinturas rupestres. Éstas destacan por la diversidad de motivos y la abundancia de superposiciones (motivos pintados sobre otros) (Paunero *et al.*, 2005; Paunero, 2012). Como se ha mencionado en la introducción, la localidad arqueológica posee, según Frank *et al.* (2020), la mayor densidad de pinturas rupestres en la región. Desde un punto de vista formal, los motivos fueron clasificados en representativos, abstractos, abstractos representativos y geométricos (*sensu* Gradín, 1978, en Paunero *et al.*, 2005). Con respecto a los motivos más frecuentes, los investigadores han relevado los siguientes: “negativos de manos, mano sobre guanaco, manos con puntos, guanacos tomando agua, circulares o con simetría radial, cortados por una o más líneas que los

transforma en bilaterales, líneas paralelas, círculos concéntricos, bilaterales elípticos, escenas de caza, antropomorfos, guanacos solos y felinos” (Paunero *et al.*, 2005: 12). Según esa clasificación y a partir del relevamiento de las 293 superposiciones registradas, se concluyó que los motivos representativos fueron pintados siempre sobre el soporte rocoso libre (sin motivos pintados) o sobre otros representativos, mientras que los abstractos se ejecutaron sobre la base rocosa libre, otros motivos representativos, abstractos, hollín o negativos de manos. Por su parte, los negativos de manos fueron realizados tanto sobre el soporte libre, como sobre otros negativos, hollín y motivos abstractos o representativos. En el caso de las pisadas, se empleó en pocas ocasiones la base rocosa libre, siendo más frecuente el pintado sobre motivos superpuestos y hollín. Por último, los geométricos se ejecutaron sobre hollín, negativos de manos o base rocosa libre (Paunero *et al.*, 2005).

El estudio de las distintas líneas de evidencia permitió a los investigadores considerar una sucesión de modalidades estilísticas, con distintas características y marcos temporales, de acuerdo con la cronología planteada para otros sitios de la Provincia de Santa Cruz. De esta forma, se definieron tres grupos: el *Grupo 1*, que consta de motivos “representativos” ubicados en los sectores 1, 2, 3, 6, 7 y 10, posee negativos de manos de adultos y niños, escenas naturalistas de caza, conjuntos de guanacos corriendo, puntos y líneas, elaborados con tonalidades de rojo, rojo claro, ocre y negro; el *Grupo 2* es el más representado en la localidad, se ubica en los sectores 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10 y 12, y está conformado por motivos abstractos y abstractos representativos, guanacos solos, círculos concéntricos, figuras ovales, negativos de manos de adultos y niños, con una mayor gama de colores y de técnicas; y el *Grupo 3*, en monocromías de colores claros, con motivos geométricos esquemáticos, rectilíneos y en zigzag, negativos de manos de adultos y niños, así como las pisadas de animales, es el grupo estilístico menos frecuente en la localidad, en los sectores 1, 2, 3 y 5, con aplicación predominante sobre hollín, que sería atribuible al Holoceno Tardío (Paunero *et al.*, 2005). Según Paunero *et al.* (2005), esta secuencia inferida sería similar, con algunas excepciones, a la propuesta por Carlos Gradín para el Río Pinturas (Gradín *et al.*, 1979). De todos ellos, al Grupo 1 se le atribuye una antigüedad correspondiente a la transición entre el Pleistoceno y el Holoceno, fechas de la primera ocupación de la región (Paunero, 2012). En la actualidad se están llevando adelante nuevos

relevamientos del arte rupestre en la localidad en el marco de la tesis doctoral de Raúl González Dubox (González Dubox *et al.*, 2019).

2.5 Los procesos técnicos de producción de las pinturas rupestres de La María

Como se ha mencionado en la introducción, los procesos técnicos de producción del arte rupestre involucran distintas etapas discernibles desde un punto de vista analítico que, en la práctica, se encuentran unidas inextricablemente. En este sentido, involucran materias primas y su tratamiento, la confección y uso de herramientas, el empleo de gestos técnicos y una variedad de conocimientos, entre otros aspectos (Fiore, 2018).

2.5.1 Materias primas

A nivel regional, en otros sitios de la Provincia de Santa Cruz, como Cueva de las Manos, Cerro de los Indios, Alero Cárdenas, Chorrillo Malo y Cerro Casa de Piedra, se han ejecutado análisis químicos de las pinturas rupestres por distintas técnicas analíticas, obteniendo como resultado: para los colores amarillos natrojarosita (Iñíguez y Gradín, 1977), goethita (Wainwright, Helwig, Rolandi, Aschero, *et al.*, 2002), limonita (Belardi, Súnico y Puebla, 2000), lepidocrocita y hematita (Carden *et al.*, 2014); para los rojos, hematita (Iñíguez y Gradín, 1977; Wainwright, Helwig, Rolandi, Gradín, *et al.*, 2002; Carden *et al.*, 2014), hematita y maghemita, (Aschero, 1983; Aschero, 1985; Iñíguez y Gradín, 1977; Rial y Barbosa, 1983) y maghemita (Wainwright, Helwig, Rolandi, Aschero, *et al.*, 2002). Para los blancos y negros se han llevado a cabo menos estudios detectando, respectivamente, illita (Iñíguez y Gradín, 1977) y pirolusita (Wainwright, Helwig, Rolandi, Aschero, *et al.*, 2002).

Con respecto a las materias primas empleadas en La María, los investigadores han hecho inferencias a partir del relevamiento de fuentes cercanas a los sitios arqueológicos con pinturas rupestres en la localidad, tales como afloramientos arcillosos, óxidos de hierro y yeso cristalino, en los sectores 1, 2, 6, 7, 8 y 9 (Paunero *et al.*, 2005). Sin embargo, por el momento son escasos los restos de pigmentos hallados en excavaciones y restan nuevos estudios para fundamentar que dichos materiales hayan sido los utilizados en la preparación de las pinturas (Paunero *et al.*, 2005). Sobre esto último, los autores señalan que es posible que no se haya requerido instrumental de

molienda gracias a la buena calidad de los materiales arcillosos y su fácil dispersión en agua (Paunero *et al.*, 2005). Por otra parte, fueron obtenidos datos sobre el uso de pigmentos en la zona gracias a algunas investigaciones etnográficas (Aguerre, 2000; Franchomme, 1991), a los análisis químicos efectuados en su mayoría por DRX, principalmente en las décadas de los '70 y '80, por distintos investigadores en otros sitios de la región (Aschero, 1983; Aschero, 1985; Barbosa y Gradín, 1987; Carden *et al.*, 2014; Iñíguez y Gradín, 1977; Rial y Barbosa, 1983) y a programas de arqueología experimental (Blanco, 2015; Paunero, 1992). De todos estos se desprenden algunas “recetas” de mezclas pigmentarias, que fueron empleadas luego en los distintos trabajos experimentales, como por ejemplo la propuesta por Paunero (1992) en su experimentación: la combinación de óxidos cromógenos⁵, arcillas limosas, yeso hemihidratado, grasa animal y agua.

No obstante, la necesidad de ampliar los datos concretos a partir de análisis químicos de las pinturas rupestres de La María para lograr la identificación de los materiales empleados, llevó a avanzar en la aplicación de ese tipo de ensayos sobre micro-muestras de las mismas y en posibles fuentes de pigmentos minerales en la localidad. El equipo de investigación que integra quien suscribe ha conseguido los primeros resultados de los análisis de micro-muestras de las pinturas rupestres por μ ER y MEB-EDS (Frank *et al.*, 2020). En ese trabajo, que utilizó un abordaje microestratigráfico, se obtuvo información sobre los compuestos inorgánicos presentes en las mezclas pigmentarias y la roca soporte en un corpus de 16 muestras analizadas. Los resultados obtenidos revelaron una gran heterogeneidad en las mezclas pigmentarias, que se correspondería con la amplia diversidad de motivos relevados en la localidad (Frank *et al.*, 2020).

En el caso de las muestras de roca soporte, se obtuvieron señales que indican la presencia de distintos compuestos, tales como sanidina ((KNa)(SiAl)₄O₈) y anatasa (TiO₂), óxido de hierro “*burnt Sienna*” (Fe₂O₃ + Fe₃O₄), goethita (α -FeO(OH)) y yeso (CaSO₄.2H₂O) En las pinturas rojas, más allá de un elevado contenido de hierro común a todas, se diferenciaron en tres conjuntos según sus composiciones: 1) *burnt Sienna*

⁵ Algunos autores diferencian entre *cromógeno* y *cromóforo*: el primero alude a aquellos compuestos que contienen en su estructura cristalina al elemento *cromóforo*, mientras que el segundo refiere al elemento químico que reacciona con la luz para generar un color (Solá *et al.*, 2013). En este trabajo nos referiremos con "óxidos cromógenos" a aquellos que generan color, empleados como pigmentos.

(mezcla de hematita y magnetita), cuarzo (SiO_2), anhidrita (CaSO_4) y oxalatos de calcio en forma de wedellita ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$); 2) óxidos de hierro, como hematita (Fe_2O_3) y *burnt Sienna*, oxalatos de calcio en forma de whewellita ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) y wedellita, y sin presencia de sulfatos de calcio; 3) hematita, sulfato de calcio dihidratado (yeso) y oxalatos de calcio. Las pinturas amarillas están conformadas por goethita -oxihidróxido de hierro (III)-, oxalatos de calcio y cuarzo. En el caso de las pinturas blancas, se hallaron distintas combinaciones de anatasa (con una posible arcilla o con yeso), caolinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) y anhidrita. Por último, en las pinturas negras se encontraron óxidos de manganeso, que podrían estar combinados con carbón y sulfatos de calcio (Frank *et al.*, 2020). Dicha investigación sentó las bases para profundizar en el conocimiento de la materialidad de las pinturas de La María.

Por otro lado, el análisis de posibles fuentes de materiales cromóforos cercanos a los abrigos, de colores blanco, rojo, ocre y amarillo, fue realizado mediante MEB-EDS, DRX y espectroscopía infrarroja de transformada de Fourier (FTIR). Estos estudios arrojaron resultados diversos, con presencia de hematita y compuestos a base de hierro para los rojizos, ocre y amarillos, y caolinita en el material blanco (Mastrángelo, Frank, Marte y Leyva, 2016). En todos los casos se encontraron distintos tipos de arcillas y otros minerales. Si bien constituyen un avance en la identificación de posibles fuentes de materiales, estos estudios deberán ser profundizados en los próximos años.

2.5.2 Las técnicas pictóricas de La María

Sobre las técnicas de pintado (o las formas de aplicación de los estratos pictóricos), se han documentado macroscópicamente en la localidad *formas directas*, que consisten en un 32% de los motivos ejecutados mediante estarcido o aspersion bucal, un 22% de manera digital y palmar (8%); y *formas indirectas* o instrumentales, con pinceles o hisopos medianos y gruesos en un 29% y elementos finos o muy finos para el delineado (9%) (Paunero *et al.*, 2005).

Por otra parte, el extenso programa experimental desarrollado por los investigadores de la Universidad Nacional de La Plata ha permitido indagar en algunas de las formas de aplicación de las pinturas y en la gestualidad técnica asociada. En el caso de los negativos de mano, las investigaciones de Rafael Paunero resultaron en propuestas sobre la preparación de las mezclas pigmentarias y la evaluación de la

distancia y ángulo de aplicación de la pintura en la obtención de un tamaño equivalente entre la mano estarcida y la impronta negativa (Blanco, 2015; Paunero, 1992).

Otros avances surgen de la tesis doctoral de Rocío Blanco, quien investigó sobre los procesos de producción de las pinturas rupestres en la zona de Macizo del Deseado (Blanco, 2015). Allí, para las técnicas indirectas se confeccionaron hisopos con lana de guanaco y ramas pequeñas de árboles, teniendo en cuenta los artefactos hallados en la región y utilizándolos en la ejecución de líneas paralelas y puntos; también se experimentó con vellones de lana de guanaco embebidos en pintura (Blanco, 2015: 109-110). Según esta investigadora, los trazos ejecutados digitalmente son anchos y con una acumulación de pintura en la parte externa, siendo más delgados en el centro, mientras que los motivos punteados poseen una mayor cantidad de materia en la zona donde el dedo apoyó por última vez sobre el soporte rocoso (Blanco, 2015: 139). Con respecto a los trazos pintados con hisopo, se obtuvo una superficie plana y homogénea, variando el tamaño con el de los instrumentos usados. No obstante, la evaluación macroscópica de un motivo experimental realizado con dos técnicas diferentes (hisopo y digital) resultó en una apariencia similar en ambos casos al motivo arqueológico que era reproducido (Blanco, 2015: 142). Asimismo, la experimentación con vellones sin formatizar embebidos en pintura permitió inferir que no sería necesaria la confección de hisopos para lograr el pintado de superficies planas (Blanco, 2015: 145). Estos estudios, en conjunto con el relevamiento del arte rupestre de las localidades, permitieron advertir una amplia diversidad de técnicas y avanzar en su correlación con el empleo de distintos instrumentos.

Al menos en las excavaciones realizadas en la localidad arqueológica La María, no se han hallado en el registro arqueológico evidencias del instrumental empleado como intermediario en las técnicas indirectas (Paunero *et al.*, 2005); los elementos sugeridos se basarían en los pocos hallazgos de este tipo de artefactos, en otros sitios de la Patagonia. Por otra parte, las morfologías de algunos motivos evidencian la ejecución por parte de niños, como el negativo de mano sobre guanaco ejecutado por una persona de entre 6 y 8 años (Paunero *et al.*, 2005); en esos casos, como en el del negativo de la mano de un bebé, se infiere la implicación de, al menos, dos personas en su ejecución (Blanco, 2015).

2.6 Un abordaje micro-estratigráfico del arte rupestre de La María

En líneas generales, de los antecedentes analizados para el problema de investigación se desprende que los procesos de producción del arte rupestre de la localidad arqueológica La María todavía no se encuentran esclarecidos en varios aspectos. Si bien hubo importantes avances en la prospección y documentación de los motivos pintados, así como de su análisis estilístico y cronológico, su estudio material ha sido poco abordado, al menos hasta los últimos años. Esto no escapa a la tendencia regional para el Macizo del Deseado y zonas cercanas, según Blanco (2015), ya que se han realizado inferencias parciales sobre algunas cadenas operativas de los procesos de producción del arte rupestre, pero éstos no fueron estudiados de forma sistemática.

Sintetizando lo anterior, los análisis sobre las técnicas pictóricas empleadas se llevaron a cabo por dos vías principales: el análisis visual macroscópico y la experimentación. La clasificación de las técnicas de ejecución del arte rupestre se ha inferido a partir de un punto de vista macroscópico y podría ser complementada con la información obtenida microscópicamente, a partir del análisis de micro-muestras de las distintas pinturas.

Por otra parte, en relación con el estudio de las superposiciones de los motivos pintados, ese relevamiento y análisis también podría ser complementado y complejizado gracias a una perspectiva estratigráfica microscópica. Sin profundizar en los aspectos técnicos, que serán abordados en el capítulo correspondiente, ese tipo de análisis permite observar la estructura pictórica de micro-muestras extraídas de los paneles pintados y, en estos casos, se lograría cuantificar la sucesión de estratos pictóricos y sus posiciones relativas (Marte, Mastrangelo y Tascon, 2011). En este sentido, las determinaciones de superposiciones llevadas a cabo macroscópicamente podrían ratificarse o modificarse empleando la metodología mencionada. Ese enfoque, en combinación con otras técnicas analíticas, ha sido aplicado recientemente en el estudio de paneles con pinturas rupestres prehispánicas en el sitio de Oyola, Provincia de Catamarca, Argentina, obteniéndose información sobre motivos pintados subyacentes a los visibles (Tascon *et al.*, 2016; Gheco *et al.*, 2019).

Por último, si bien los investigadores han logrado muchos avances en la caracterización de los procesos técnicos de pintado en La María, especialmente en lo referido a los motivos de manos en negativo, todavía hay algunas hipótesis que no se

han logrado apoyar de manera contundente con la evidencia disponible, así como etapas del proceso de producción que no han sido contempladas en dichos estudios. De esta manera, un enfoque micro-estratigráfico, como el propuesto para este trabajo, podría aportar información sobre otros aspectos del proceso técnico, como las formas de aplicación de los estratos y las técnicas de elaboración de las mezclas pigmentarias.

Capítulo 3: Marco teórico-metodológico

3.1 Enfoque teórico

En función de los objetivos planteados, se vuelve necesario enumerar una serie de conceptos teóricos que guían el planteo de este escrito.

En primer lugar, el arte rupestre es posible de ser abordado desde diferentes disciplinas y, por lo tanto, con distintas miradas. Así, desde la historia del arte es considerado como una manifestación estética por parte de productores de imágenes del pasado; en el caso de la conservación y restauración, es tomado como un patrimonio cultural irremplazable, que debe ser conservado para las generaciones venideras. Desde el punto de vista de la arqueología, el arte rupestre es, además de un patrimonio cultural de interés estético, una categoría de la evidencia arqueológica, que permite obtener información sobre sociedades que vivieron en el pasado y que, en muchos casos, sus descendientes hoy no están presentes físicamente. Dentro de los distintos aspectos sobre los cuales podemos obtener información, Aschero (1988) reconoció a la ideología, el estilo y los recursos naturales como algunos de los principales tópicos. Con respecto a la ideología, la entendió *sensu* Hodder (1986) como “una serie de principios ordenadores que configuran la trama dentro de la cual se le da valor a los recursos, las desigualdades son definidas y el poder es legitimado” (en Aschero, 1988: 110). En relación con ello, el arte rupestre forma parte de los sistemas de expresión plástica e involucra la percepción y selección de elementos del entorno natural y cultural, mostrando categorizaciones ideológicas en dicha selección. En el caso del estilo, el autor lo consideró vinculado a la etnicidad e involucraba las pautas de producción, tales como el diseño, la técnica y la composición, como una herramienta de análisis que permite el reconocimiento de lo particular de los grupos humanos estudiados. En relación a los recursos naturales, por último, hizo referencia a todos los “elementos o componentes naturales del medio físico utilizados para satisfacer necesidades del sistema sociocultural” (Aschero, 1988: 110), incluyendo materias primas, recursos topográficos y elementos representados.

Como veremos más adelante, la mayoría de los enfoques en la investigación del arte rupestre se concentraron por muchos años en los aspectos ideológicos y simbólicos. En contraposición, distintos trabajos desarrollados principalmente en los últimos 15 años destacaron su importancia material (Carden *et al.*, 2014; Fiore, 1996; 2018; Gheco,

2017; Gheco *et al.*, 2019, 2020; Moya, 2016; Sepúlveda, 2020; Tascón *et al.*, 2016; Vergara *et al.*, 2016) y las posibilidades que dicho abordaje trae para el conocimiento de las sociedades pasadas. Estudiar su materialidad permite trascender la mera conexión del arte rupestre con las esferas ideológicas y simbólicas y comenzar a explorar otros aspectos menos frecuentados, tales como los vinculados a su producción y múltiples usos.

3.1.1 Conceptos de sitio arqueológico y localidad arqueológica

Los *sitios arqueológicos* son aquellos lugares donde se pueden hallar huellas significativas de la actividad humana, como evidencia arqueológica (Carballido y Fernández, 2001: 76). Se ha señalado que la delimitación como unidad espacial es convencional y operativa, y puede variar dependiendo de los criterios considerados o del caso de estudio (Hernández Llosas, 1985). La subdivisión convencional del sitio es el *sector*, que puede ser determinado por unidades métricas arbitrarias para su relevamiento o ser coincidentes con accidentes topográficos de la locación (Hernández Llosas, 1985).

Se entiende por *localidad arqueológica* a un grupo de varios sitios cercanos, con distancias inter-sitios que pueden ser variables y cuyos límites dependen del registro arqueológico y del modo de aproximarse de los investigadores al trabajo de campo (Fiore, 2018). En el caso de La María, los investigadores emplean el concepto de *localidad arqueológica* para referirse al conjunto de sitios con evidencia arqueológica documentada; y los sectores fueron definidos de acuerdo con la presencia de accidentes topográficos significativos. En ese sentido y continuando con el planteo teórico utilizado en los estudios previos, cada abrigo con pinturas de La María corresponde a un sitio arqueológico.

3.1.2 Concepto de motivo rupestre

Para comprender la unidad de análisis que se emplea en las investigaciones de la región, se explorará brevemente el concepto de *motivo rupestre*.⁶ Carlos Gradín lo definió como la unidad artística o la unidad de ejecución del arte rupestre (Gradín, 1978). También distinguió entre motivos *simples*, que eran aquellos que constituían un único elemento gráfico, sin diferenciación técnica y que correspondían a un acto unitario de realización; y los *compuestos*, que se conformaban por dos o más elementos vinculables entre sí debido a su morfología o contenido y realizados en un acto relativamente sincrónico. En el caso de los motivos compuestos, el autor consideró varias razones para reunir motivos aislados en unitarios: 1) por afinidad geométrica (con un “nexo formal de realización” y corresponderían a una misma motivación); 2) las figuras que constituyen series (reunidas en un espacio determinado y repetidas sin variaciones morfológicas o técnicas), y 3) figuras con dos o más elementos con afinidad representativa (que se asocian a causa de su carácter representativo). En referencia al análisis de superposiciones de motivos, planteó que en el caso de observar variantes técnicas entre sí se debían admitir como motivos independientes, con distintas motivaciones. Luego, definió el concepto de *conjunto*⁷, que refería a motivos distribuidos en un espacio relativamente reducido y que compartían una técnica y estado de conservación similar y, por ende para el autor, una relativa sincronía de ejecución (Gradín, 1978). Los motivos que presentaban rasgos característicos (técnicos, morfológicos o de contenido) y una frecuencia alta dentro de un repertorio local podían considerarse como indicadores estilísticos.

Por otra parte, Carlos Aschero (1979) formuló un concepto de motivo rupestre operativo particularmente para el análisis de motivos abstractos: "la forma total de la representación o las delimitadas en registros o campos y unidades morfológicas a las formas segmentadas en cuya articulación se reconstituye el motivo" (en Hernández Llosas, 1985: 28). Sin embargo, algunos años más tarde, el mismo autor empleó el término *representación* referido a “todas las manifestaciones ejecutadas con las técnicas

⁶ En este trabajo se considerará como *motivo rupestre* a la unidad de análisis y de ejecución presente en una manifestación rupestre, de acuerdo a la definición de Gradín retomada por los investigadores de La María (Gradín, 1978; Paunero *et al.*, 2005).

⁷ Eugenia Ahets Etcheberry en su tesis de licenciatura sobre el arte rupestre de la Sierra de El Alto-Ancasti, Catamarca, retoma el concepto de *conjunto tonal* para "agrupar motivos que por sus similitudes cromáticas pueden ser vinculados a eventos singulares de preparación y ejecución de pinturas" (Ahets Etcheberry, 2020: 58).

de las artes plásticas”, como una expresión individual o grupal que involucra la percepción, selección y transformación de referentes físicos o imaginarios por parte de su productor (Aschero, 1988: 118). Inmediatamente evitó una posible confusión terminológica al aclarar que “no es representación en el sentido de ‘algo distinto de sí mismo’ como lo es el signo lingüístico (...) sino que es una presentación de esa creación o recreación como testimonio plástico” (Aschero, 1988: 118).

Algunos años más tarde, María Isabel Hernández Llosas (1985) retomó las definiciones de Gradín (1978) para diseñar una guía para el relevamiento y clasificación de datos de sitios arqueológicos con arte rupestre. Allí citó y empleó los conceptos de *motivo rupestre*, *conjunto*, *grupo estilístico*, *modalidad estilística*, *tipo* y *tema* según Gradín (1978), y los clasificó en dos niveles de inferencia: a nivel del sitio arqueológico se hallarían la segmentación en motivos, la determinación de conjuntos y de grupos estilísticos; mientras que, a un nivel de área, consideró el establecimiento de tipos, temas y modalidades estilísticas (Hernández Llosas, 1985).

3.1.3. Concepto de estilo

En la región Patagónica, el trabajo pionero de Osvaldo Menghin es un antecedente significativo y los estilos que definió perduran como categorías, de manera explícita o implícita, hasta el día de hoy. Estos fueron siete: 1) *el estilo de negativos*, 2) *estilo de escenas*, 3) *de pisadas*, 4) *de paralelas*, 5) *de grecas*, 6) *de miniaturas* y 7) *de signos complicados* (Menghin, 1957). Del primero refirió que “apenas se trata de arte” (Menghin, 1957: 63), ya que estaba compuesto mayoritariamente por motivos creados por la imposición de manos izquierdas sobre la roca y el salpicado de sus contornos con pintura; sus creadores podían haber sido hombres, mujeres y niños, utilizando colores rojo claro y negro como los más antiguos. En el caso del segundo estilo, lo caracterizó como pinturas “seminaturalísticas”, con representaciones de series de guanacos, escenas de caza y baile, así como figuras aisladas zoomorfas y antropomorfas. Esbozó la posibilidad de que su antigüedad fuera similar a la del primer estilo –de finales del Pleistoceno, según las asociaciones arqueológicas para ese momento- aunque, a su juicio, carecía de la evidencia para sostenerlo. Los estilos 3 y 4, de pisadas y de paralelas, fueron descriptos como técnicas de grabado. En cuanto al estilo de grecas, agrupaba motivos geométrico-lineales de trazo exacto, con colores rojo oscuro, amarillo

y, en ocasiones, verde. Debido a sus características formales y su “hechura disciplinada”, el autor adjudicó su confección bajo influencias de una “cultura avanzada”. Con respecto al estilo de miniaturas, su principal característica derivaba de su ejecución minuciosa “como con una pluma” (Menghin, 1957: 76), en conjuntos de no más de 15 cm de longitud. Los motivos eran lineales, con ondulaciones y escalones que se combinaban de manera triangular. Por último, el estilo de símbolos complicados respondía más que a una clasificación morfológica, a una colección de las manifestaciones rupestres que habían quedado sin clasificar dentro de los anteriores. De esa manera, abarcaban motivos arqueados, puntos, rayas, rastros de animales y otras “entidades geométricas”, que podían ser policromas.

Los desarrollos de Menghin fueron retomados por su discípulo, Gradín, quien caracterizó también a los *grupos estilísticos* y a la *modalidad estilística*. En el caso del primero, se refería a conjuntos vinculados entre sí por asociaciones temáticas o de tratamiento de la forma, más que por sus rasgos técnicos. Podían tener variantes debidas a un lapso de desarrollo mayor que la sincronía de ejecución y serían varios actos creativos enlazados por motivaciones similares. Para la segunda, definió que era:

una expresión artística caracterizada por la asociación morfológica y temática de sus motivos, cuya dispersión y profundidad temporal permite en ciertos casos vincularla a los restos arqueológicos que se detectan dentro de los límites de las mismas coordenadas de espacio y tiempo, (...) presenta una serie de rasgos que le son propios (...) permitiendo (...) establecer vinculaciones entre alejadas manifestaciones rupestres. (Gradín, 1978: 126)

Como se puede observar, el concepto de *modalidad estilística* de Gradín es similar al de *estilo* de Menghin, al que probablemente tomó como referencia. De acuerdo con Hernández Llosas, el *estilo* según Gradín aludía a una modalidad estilística que puede vincularse a una cultura específica, “caracterizando el arte de una sociedad dada y, por lo tanto, constituyendo el reflejo de la actividad personal y social de aquélla” (Hernández Llosas, 1985: 29).

En este trabajo se utilizarán los conceptos desarrollados por Gradín con respecto a los motivos rupestres y a los estilos, para concordar con las investigaciones anteriores del arte rupestre de la localidad arqueológica. De esa manera, se buscará evitar

confusiones y facilitar la integración de la información aquí presentada con la de la literatura sobre el tema.

3.1.4 El estudio de la materialidad del arte rupestre

Durante mucho tiempo, existió en los estudios sobre los materiales culturales una polarización excesiva entre mente y materia, característica del pensamiento occidental-moderno, que llevó a generaciones de teóricos a suponer que la sustancia material del mundo se presenta a la humanidad como una *tabula rasa* para la inscripción de formas ideales (Ingold, 2007). Sin embargo, según ese autor, los seres humanos estamos inmersos en un océano de materiales y, al reconocer dicha inmersión, se nos revela un flujo en el que los materiales de las clases más diversas atraviesan de manera continua procesos de generación y transformación. En ese sentido, la forma de las cosas, lejos de haber sido impuesta desde afuera sobre un sustrato inerte, nace junto a esta corriente de materiales, de una forma dinámica. Así, los materiales mismos participan activamente en los procesos de generación y regeneración del mundo, no como objetos pasivos sobre los que se imponen las ideas, sino influenciando en ellos (Ingold, 2007). Por ende, estudiar esos materiales puede ayudar a comprender aquellos procesos y las prácticas sociales involucradas en los mismos.

Como se ha mencionado en la introducción, el arte rupestre no escapó a este tipo de concepciones teóricas y frecuentemente fue estudiado bajo ontologías idealistas (explícita o implícitamente). En este sentido, por ejemplo, las aproximaciones fundacionales desarrolladas a partir del siglo XIX (*“el arte por el arte”*, *totemismo*, *magia simpática*) destacaron la primacía de las ideas en relación con posibles roles de las pinturas/grabados rupestres (Fiore, 2014). Posteriormente, según Fiore (2014), los enfoques normativos partieron de la base de considerar a la cultura como un conjunto de normas compartidas que se verían reflejadas en las técnicas y materiales seleccionados en la confección de los objetos. Dentro de dichos enfoques, el histórico-cultural se propuso identificar “culturas arqueológicas” a partir de la distribución espacio-temporal de los artefactos y la sucesión de estilos en el tiempo. Si bien otorgó herramientas importantes para el abordaje del registro arqueológico -como las secuencias estilísticas- su ontología idealista (esto es, la concepción de la cultura como una proyección desde la mente a la materia), una epistemología altamente inductiva y poca atención a la

variabilidad cultural fueron sus principales debilidades. En referencia a aproximaciones teóricas posteriores a las idealistas, la autora señala que el materialismo-histórico ortodoxo explicó la existencia del arte como un reflejo de la superestructura ideológica de una sociedad, en la que las imágenes artísticas habrían sido concebidas como parte de un discurso ideológico para justificar o enmascarar las desigualdades socioeconómicas (Fiore, 2018). De esta forma, esa teoría también reducía el arte rupestre exclusivamente a sus funciones ideológicas y consideraba a la materialidad solamente como el contexto económico alrededor del arte, con una ontología idealista implícita. Ante la perspectiva de que la comunicación simbólica, ideológica y de información son factores claves en el arte, pero que no alcanzan a cubrir todos los elementos respecto a su existencia, fue necesaria la adopción de otras formas de aproximarse a este objeto de estudio (Fiore, 2018).

Como alternativa, el abordaje de la materialidad del arte rupestre y de sus procesos de producción permite nuevos enfoques vinculados a las imágenes. En ese sentido, el estudio sistemático de las cualidades específicas visuales y materiales del arte puede dar cuenta de las dinámicas subyacentes a su producción en el pasado, teniendo en cuenta que todo trabajo invertido en la producción del arte está mediado por la técnica (Fiore, 2018; Gheco, 2017; Gheco *et al.*, 2020; Sepúlveda, 2020; Troncoso *et al.*, 2020). Así, la materialidad de la cultura no se reduce únicamente a los materiales con los que los objetos fueron producidos, sino que abarca todos los aspectos que califican, de manera simultánea, su existencia física, social y cognitiva; dicha existencia permite formas de percibir e interactuar con esas imágenes y objetos, que también modifican a las acciones humanas. En consecuencia, los aspectos técnico-formales (como el color, la textura y las formas) forman parte de la materialidad del arte rupestre, tanto como las herramientas, pigmentos y soportes (Fiore, 2018). Esta perspectiva será retomada en este trabajo dado que brinda un marco conceptual en el cual considerar los aspectos materiales de las pinturas rupestres que se analizarán.

3.1.5 El abordaje de los procesos de producción en el arte rupestre

En relación con lo anterior, los procesos técnicos y económicos de producción del arte rupestre tienen un rol esencial en su existencia y pueden ser estudiados mediante un abordaje material de las pinturas y grabados, para obtener más información

sobre ellos y sobre los grupos humanos que los produjeron y utilizaron. Según Carlos Aschero, el concepto de producción implica una “secuencia ordenada de actividades que implementan técnicas y procedimientos, para modificar o transformar materias primas y/o lograr, a partir de ellas, un efecto previsto según un modelo o esquema previo” (Aschero, 1988: 120). Ese autor desarrolló un modelo esquemático de la secuencia de producción para analizar estos procesos, que luego fue retomado y actualizado por Dánae Fiore (2018) y Marcela Sepúlveda (2020).

Aunque en la práctica estos procesos se encuentran inextricablemente unidos, para propósitos de investigación pueden ser modelados analíticamente en una secuencia de producción en una serie de 8 etapas (Aschero, 1988; Fiore, 2018):

- a) el aprovisionamiento de materias primas, refiriéndose a los pigmentos, aglutinantes, cargas y otros materiales para la producción de las imágenes;
- b) la selección del soporte y su posible preparación en algunos casos, ya sea mediante la aplicación de bases de preparación o por abrasión superficial;
- c) el transporte de las materias primas;
- d) la producción de las herramientas requeridas para la mayoría de las técnicas de pintura y grabado, así como de las mezclas pigmentarias;
- e) el empleo de las herramientas y/o las mezclas pigmentarias en la creación de las imágenes, ya sea mediante técnicas de grabado (como el raspado, la incisión o el picoteo) o técnicas pictóricas (como la pintura directa positiva, pintura negativa por estarcido, etc.);
- f) un potencial mantenimiento y/o re-uso de las imágenes mediante los mismos o distintos medios técnicos que los utilizados en la etapa anterior;
- g) el almacenamiento potencial de las herramientas y mezclas pigmentarias para usos futuros;
- h) el potencial abandono y/o destrucción de las imágenes.

Según estos autores, cada una de esas etapas del proceso deja indicios en el registro arqueológico, que son pasibles de ser identificados y resultan muy relevantes para la comprensión de distintos aspectos de la materialidad del arte rupestre (Fiore, 2018).

3.1.6 Las técnicas artísticas y las formas de aplicación

En el modelo anterior, según Fiore (2018), la *técnica de ejecución* correspondería a la etapa e). En ese sentido, la autora refiere que las técnicas tienen un efecto directo sobre varias cualidades visuales y materiales de las imágenes, como la textura, forma, color, pátina y tamaño, y enumera distintos factores. En primer lugar, la naturaleza aditiva o sustractiva de las técnicas, (en la pintura y en el grabado, respectivamente), que afecta principalmente a la textura y el volumen de las imágenes. En segundo término, el tipo de pigmentos, mezclas pigmentarias, herramientas y técnicas usadas en el arte pintado, así como las herramientas y técnicas en los grabados, que repercuten en su color, pátina, textura, tamaño y forma. En tercer lugar, las “técnicas plásticas” mediante las cuales la materia se aplica o sustrae del soporte rocoso, considerando tipos de trazos (continuos o discontinuos) que afectan a la textura, la forma y a la profundidad de los surcos o al grosor de las pinceladas, según correspondiere. Por último, el tratamiento gráfico de los motivos, aludiendo a la forma en la que se diseña un motivo (lineal, perimetral o lleno) y que afecta a la percepción por parte del observador. Por ende, muchas de las cualidades visuales específicas de las imágenes emergen del uso técnico de la materia, a partir de las posibilidades de acción particulares de las técnicas y materiales articuladas por agentes humanos durante la creación de las mismas (Fiore, 2018, 2020).

Sin embargo, y como se comentó en la introducción, desde la historia del arte se ha considerado a la técnica artística desde un punto de vista más amplio, que podría ser equivalente a todo el proceso de producción planteado desde la arqueología por Aschero (1988), al menos hasta la etapa de confección de los motivos (Bordini, 1995). Para evitar confusiones, en este trabajo se empleará el concepto de “**procesos técnicos de producción del arte rupestre**” en el sentido de Aschero (1988) y Fiore (2018), es decir, comprendiendo la secuencia de actividades involucradas en la confección del arte rupestre, desde la selección de las materias primas hasta su potencial abandono o destrucción. Para referirse a la etapa del empleo de las herramientas y/o las mezclas pigmentarias en la creación de las imágenes, en el caso de las pinturas rupestres se emplearán los conceptos de “formas de aplicación de las capas pictóricas” o “**técnicas de aplicación**”, refiriéndose a la manera en la que los estratos pictóricos fueron aplicados sobre el soporte. En ese sentido, éstas pueden ser *directas* (sin el uso de herramientas intermediarias, como la pintura digital, palmar y el estarcido directo) o

indirectas (que emplean herramientas intermediarias, tales como, hisopos, pinceles, estampas, canutillos y plumas) (Blanco, 2015).

3.2 Enfoque metodológico

En función de los objetivos y del marco teórico propuesto, se definió una metodología que combina dos etapas: 1- revisión de los análisis químicos y ejecución del análisis morfológico micro-estratigráfico de las pinturas rupestres de La María; 2- Confección y análisis morfológico micro-estratigráfico de probetas experimentales en laboratorio. A nivel general, es una metodología mixta, que vincula etapas analíticas y experimentales y cuyos resultados parciales permiten retroalimentar cada perspectiva. A continuación se presentan las características generales de cada etapa metodológica.

3.2.1 Primera etapa: revisión de los análisis químicos y ejecución del análisis morfológico micro-estratigráfico de las pinturas rupestres de La María

El análisis micro-estratigráfico o de la sección transversal permite acceder a un punto de vista perpendicular a la muestra, con la consecuente observación de la estructura pictórica y de sus cualidades visuales. Al combinarse con otras técnicas analíticas, es posible caracterizar químicamente a nivel elemental y molecular los materiales presentes en la misma, ya sean de origen orgánico o inorgánico. En el caso de la investigación arqueométrica de las pinturas rupestres de La María, fueron utilizadas las técnicas de μ ER y MEB-EDS para obtener, respectivamente, información molecular y elemental de los materiales inorgánicos. Cabe destacar que estos análisis fueron iniciados por parte del equipo de investigación que integra quien suscribe y sus resultados, que exceden los límites de este trabajo, pueden ser consultados en otras fuentes (Frank *et al.*, 2020). Esos resultados, comentados en los antecedentes de este trabajo, fueron revisados críticamente en esta etapa metodológica y, luego, integrados con el análisis morfológico de las mismas micro-estratigrafías.

Estos estudios morfológicos fueron desarrollados sobre las secciones transversales de las muestras de pinturas rupestres de La María siguiendo la metodología descrita en trabajos anteriores (Marte *et al.*, 2011; Mastrangelo, 2013). Para ello se tuvieron en cuenta distintas variables, tales como la cantidad de estratos, su

orden de ejecución, la medición de sus espesores, la descripción de cada capa (considerando color, aspecto y forma, presencia de inclusiones, textura y granulometría) y el porcentaje de cobertura⁸. Se analizaron muestras de pinturas rupestres cuyas formas de aplicación fueron inferidas a partir del examen macroscópico por parte de los investigadores durante el relevamiento *in situ* de los motivos (Paunero *et al.*, 2005). Entre esas formas se encuentran: 1) digital; 2) a pincel (fino, mediano y grueso) y 3) por estarcido directo. En el Anexo B se presentan la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3, que indican las muestras analizadas y el tipo de motivo muestreado, según técnica de aplicación aparente mediante la observación macroscópica. También, se adjuntan fotografías de cada uno de ellos, con el lugar correspondiente a la toma de muestra (ver Anexo A).

3.2.1.1 Descripción de las variables consideradas dentro del análisis morfológico

Dentro de las variables consideradas se pueden distinguir algunas de tipo cualitativas y, otras, cuantitativas. Las cualitativas fueron: a) color del estrato; b) textura; c) granulometría; d) presencia de inclusiones; e) aspecto y forma de la capa pictórica; f) descripción de la roca soporte. Las variables cuantitativas fueron de tipo discreto (abarcando valores enteros, como 1, 2, 3, etc.) o de tipo continuo (cuyos valores no se diferenciaban entre sí por saltos, sino que pertenecían a un conjunto racional como, por ejemplo, mediciones del espesor de los estratos con varios decimales). Así, la variable discreta fue la cantidad de estratos presentes en la micro-muestra y las continuas fueron: i) el espesor promedio de la primera capa (en micrómetros); ii) la desviación estándar de la medición del espesor (en micrómetros); iii) el porcentaje de cobertura de dicha capa. En la Tabla 4 se observan los tipos de variables consideradas, su clasificación y descripción (ver Anexo B). En este punto, es importante señalar que existen variables "generales" que pudieron ser estudiadas en todas las muestras arqueológicas, y variables "especiales", cuyo análisis únicamente cobró sentido en muestras con más de un estrato en su sección transversal. En la Tabla 5 del Anexo B se explica brevemente la interpretación de los resultados que se esperan obtener por cada variable, con el objetivo de fundamentar su estudio.

⁸ Con porcentaje de cobertura nos referimos a una cuantificación de la cobertura de la superficie por parte de la capa pictórica analizada. Más adelante en este capítulo se indica el procedimiento correspondiente.

3.2.1.2 Procedimiento de análisis morfológico micro-estratigráfico de muestras arqueológicas

Previamente al análisis, las muestras fueron procesadas siguiendo el **procedimiento de inclusión** que se detalla a continuación. Éste consta de varios pasos: la observación de las muestras antes de incluir en el microscopio óptico y su registro fotográfico desde anverso y reverso, la adhesión de la muestra a una mitad de cilindro de resina acrílica, la inclusión propiamente dicha y, por último, el lijado y pulido.

Cada muestra, antes de su inclusión, fue observada bajo microscopio óptico compuesto, con una fuente de luz externa de fibra óptica Leica y fue fotografiada desde anverso y reverso con una cámara Sony Cybershot de 12 Mpx. La manipulación fue cuidadosa, ya que las muestras son muy pequeñas (de superficie menor a 1 mm²). La observación previa a la inclusión es importante, ya que se registra el estado de las micro-muestras y se determina qué cara corresponde al anverso y al reverso, de acuerdo con los datos de la toma de muestra y al registro fotográfico del motivo rupestre analizado.

Luego, se incluyeron en cilindros de resina acrílica Subiton®, empleando un molde de silicona del laboratorio y de forma tal que la sección transversal quedara perpendicular al campo visual del microscopio. Para ello, cada una se adhirió con un adhesivo de cianoacrilato (La Gotita®) a una mitad del cilindro bajo microscopio binocular y se completó el cilindro con la misma resina. Cada "pastilla" de resina con la muestra incluida se rotuló con marcador indeleble, de acuerdo con el código correspondiente.

La exposición de los cortes micro-estratigráficos se logró mediante el pulido con pulidora metalográfica "Prazis" y a mano, utilizando lijas de distintas granulometrías y paños de pulido hasta los 12000 mesh, hasta conseguir una superficie con calidad de espejo. Esta etapa requiere de gran cuidado y destreza manual para evitar defectos en la sección transversal. Un pulido inadecuado, por ejemplo, puede producir rayas de gran tamaño que interfieran en el aspecto de la muestra; en el caso de un exceso de pulido, existe el riesgo de la pérdida parcial o total de la muestra. Para conocer más sobre el proceso de inclusión de las muestras, se sugiere la lectura de bibliografía especializada

(Khandekar, 2003; Marte, Mastrangelo, y Tascon, 2011; Mastrangelo, 2013; Plesters, 1956; Sandu, Schäfer, Magrini, Bracci, y Roque, 2012).

Con respecto al análisis óptico microscópico, se llevó a cabo bajo un microscopio trinocular de polarización Leica DM EP, con luz visible incidente y bajo aumentos de 50X, 100X, 200X y 500X. Se tomaron micrografías con una cámara digital Leica modelo MC 170 HD acoplada al instrumental. Las variables propuestas en la metodología se estudiaron mediante la observación y la medición de las micrografías obtenidas. En algunos casos, también se tomaron micrografías con iluminación por fuente ultravioleta, obteniendo imágenes de fluorescencia visible de ultravioleta, que permite la observación de estratos sensibles a ese tipo de radiación (Figura 4).

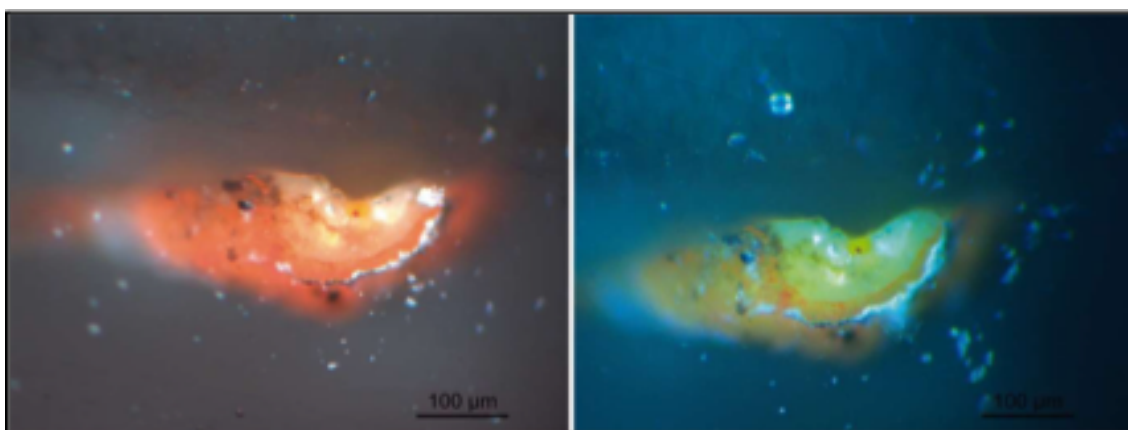


Figura 4: Microfotografías (200X) de la muestra 415-19-07, irradiada con luz polarizada (izq.) y con luz ultravioleta (derecha).

Para realizar las mediciones de espesor de estratos y de porcentaje de cobertura se empleó el software libre ImageJ, v. 1.53 a.⁹ En todos los casos, se emplearon con preferencia las micrografías a 200X, aunque también se utilizaron otros aumentos en una minoría de muestras, por motivos de tamaño de las mismas y mayor optimización de las medidas. La calibración se llevó adelante gracias a la escala gráfica de cada micrografía. Para las imágenes a 200X la resolución resultante de dicha calibración manual fue de 4,22 pixels/micrómetro; las imágenes a 100X tuvieron una resolución de 2,1 pixels/micrómetro y las de 500X, 10,62 pixels/micrómetro¹⁰. Por ende, los resultados se consignan con una cifra significativa luego del cero y con un error de 0,2

⁹ ImageJ es un software de procesamiento y análisis de imágenes de código abierto y disponible gratuitamente, desarrollado por los National Institutes of Health (NIH) de EE.UU. Puede descargarse desde el sitio web oficial: <https://imagej.nih.gov/ij/download.html> (consultado en agosto de 2020).

¹⁰ Estos valores fueron determinados experimentalmente y responden a las mediciones realizadas por el autor de este trabajo (considerando su percepción y agudeza visual/destreza manual). Es posible que varíen en el caso de realizarlos otras personas. Se tomaron como estándar en el ámbito de este trabajo.

micrómetros para las mediciones a 200X, 0,5 micrómetros para las mediciones a 100X y 0,1 micrómetros para las efectuadas a 500X.

Las mediciones del **espesor de estratos pictóricos** se ejecutaron de la siguiente forma: luego de calibrar las mediciones, se realizaron 10 mediciones del espesor de cada estrato con la herramienta "línea", procurando abarcar una distribución regular dentro de la capa pictórica y reflejar la variabilidad del grosor del espesor de esta. Los datos obtenidos fueron trabajados con el software Microsoft Excel, donde se calculó el promedio y la desviación estándar de las mediciones obtenidas¹¹.

Por otra parte, los conjuntos de mediciones de espesor de estratos realizadas para las muestras digitales, a pincel y estarcidas fueron analizados mediante estadística descriptiva, para conocer sus características y la distribución de los valores. Mediante Microsoft Excel se calcularon distintos parámetros de centro (como la mediana y el promedio), así como de dispersión (desviación estándar y rango). Se realizaron diagramas de caja para sistematizar dicha información, detectar la presencia de valores atípicos y realizar comparaciones entre los tres conjuntos (Mendenhall, Beaver y Beaver, 2006: 80-82) (Figura 5).

¹¹ La desviación estándar de la muestra (s) representa la raíz cuadrada de la varianza de la muestra y se calculó automáticamente según la siguiente fórmula: $s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}}$ (Mendenhall, Beaver y Beaver, 2006: 62).

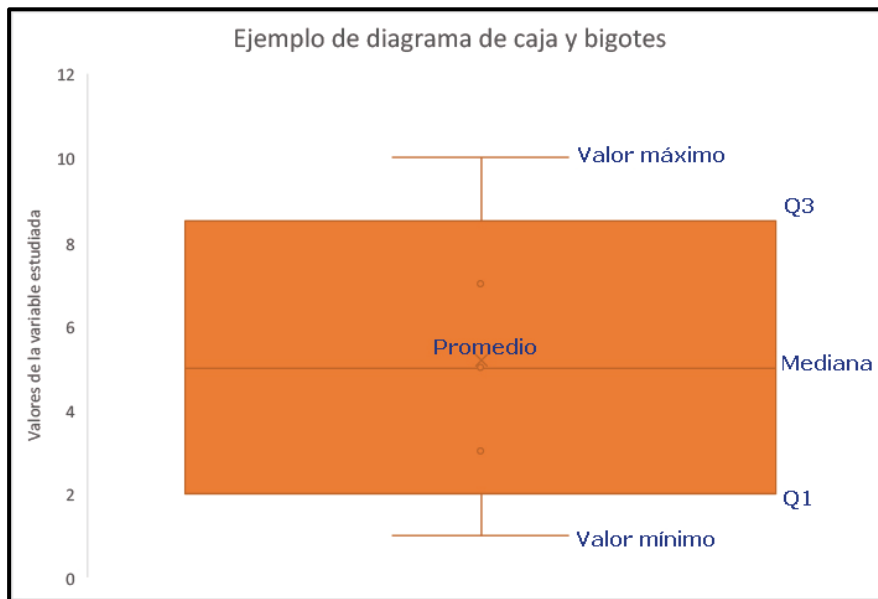


Figura 5: Ejemplo de diagrama de caja. La caja representa al 50% de los valores, comprendidos entre el primer cuartil (Q1) y el tercer cuartil (Q3). La línea gruesa dentro de la caja representa a la mediana, mientras que la x, al promedio. Los "bigotes" comprenden los valores entre los límites de la caja y los valores máximos y mínimos medidos, registrados dentro de los límites calculados.

El cálculo del **porcentaje de cobertura** se realizó con la herramienta "línea" a mano alzada, se tomaron mediciones de la longitud de 1) la totalidad del borde superior expuesto del corte transversal, donde se ubicaría la capa pictórica, abarcando tanto zonas cubiertas como descubiertas; y 2) los sectores del borde cubiertos por la capa pictórica analizada. Con esas magnitudes volcadas en una planilla de Microsoft Excel, se calculó la relación entre el borde cubierto y la totalidad del borde y, a partir de ese resultado, se obtuvo el porcentaje de cobertura para ese corte transversal, bajo las condiciones de análisis dadas.

3.2.2 Segunda etapa: Confección y análisis morfológico micro-estratigráfico de probetas experimentales en laboratorio

Esta etapa fue de carácter experimental, diseñada en relación con los objetivos específicos 1 y 2 de este trabajo. En ese sentido, se consideró que la experimentación bajo condiciones controladas permitiría conocer mejor, por comparación, las técnicas de aplicación de las pinturas ejecutadas hace miles de años (Frère *et al.*, 2004). Para ello se tuvieron en cuenta el control de las variables, los resultados químicos alcanzados mediante los estudios arqueométricos de las pinturas arqueológicas y el empleo de materias primas provenientes de la zona de La María, cuando fue posible, para aproximarnos a la reproducción de las antiguas técnicas de aplicación y garantizar la reiterabilidad de los experimentos. Se evaluaron tres procedimientos de aplicación (digital, a pincel y por estarcido directo), ya que correspondían a las tres técnicas de aplicación más frecuentes identificadas preliminarmente en las pinturas de la localidad a partir de los estudios macroscópicos. Cabe destacar que se propuso esta experimentación como un paso inicial, para el abordaje de un aspecto específico de la manufactura de las pinturas (la forma de aplicación) y no se pretendió obviar la complejidad de un enfoque experimental de mayor envergadura. Luego de la confección de la probeta, se tomaron muestras de cada una de las pinturas experimentales y se incluyeron siguiendo la misma metodología utilizada en las muestras, para luego analizar sus secciones transversales con las variables planteadas para las primeras.

El diseño experimental contempló los resultados obtenidos de los análisis químicos de las pinturas rupestres comentados en el capítulo de Antecedentes e intentó aproximarse a las mezclas pigmentarias arqueológicas al emplear los compuestos inorgánicos reconocidos. Para este primer abordaje experimental se consideraron tres mezclas pigmentarias básicas, de color negro, blanco y rojo, dispersas en todos los casos con distintas cantidades de agua¹² y aplicadas mediante tres técnicas: digital por arrastre, a pincel y por aspersión bucal. Para lograr un soporte equivalente al de los abrigos con arte rupestre se utilizó un fragmento de ignimbrita recolectado durante los trabajos de campo en la localidad.

¹² Se empleó agua ya que hasta el momento se desconocen los aglutinantes empleados en la producción de las pinturas rupestres de La María. Obtener esa información en un futuro será fundamental para comprender las técnicas pictóricas, debido a la frecuente asociación de ellas con los tipos de aglutinantes utilizados.

La forma subrectangular de la laja de roca soporte permitió el diseño de una grilla de doble entrada, con las columnas representando las distintas mezclas pigmentarias con dos diluciones en cada una; y en las filas, las distintas técnicas de aplicación. La nomenclatura de las muestras se realizó mediante un código interno de dos letras mayúsculas y un dígito, con la siguiente estructura: XYZ , donde X refería al color de la pintura (siendo N para el negro, B para el blanco y R para el rojo), Y aludía a la técnica de aplicación (D para digital, P para pincel y E para estarcido directo) y z para indicar la dispersión (1 para la mezcla pigmentaria de menor cantidad de dispersante y 2, para la de mayor cantidad). En el caso de las muestras estarcidas, debido a que la dispersión se modifica en la boca del ejecutante, la característica z no fue tomada en cuenta, aunque se tomaron dos muestras de cada una para mayor representatividad. A este diseño de 18 muestras se le sumó una muestra de roca soporte sin recubrimientos pictóricos (Figura 6).

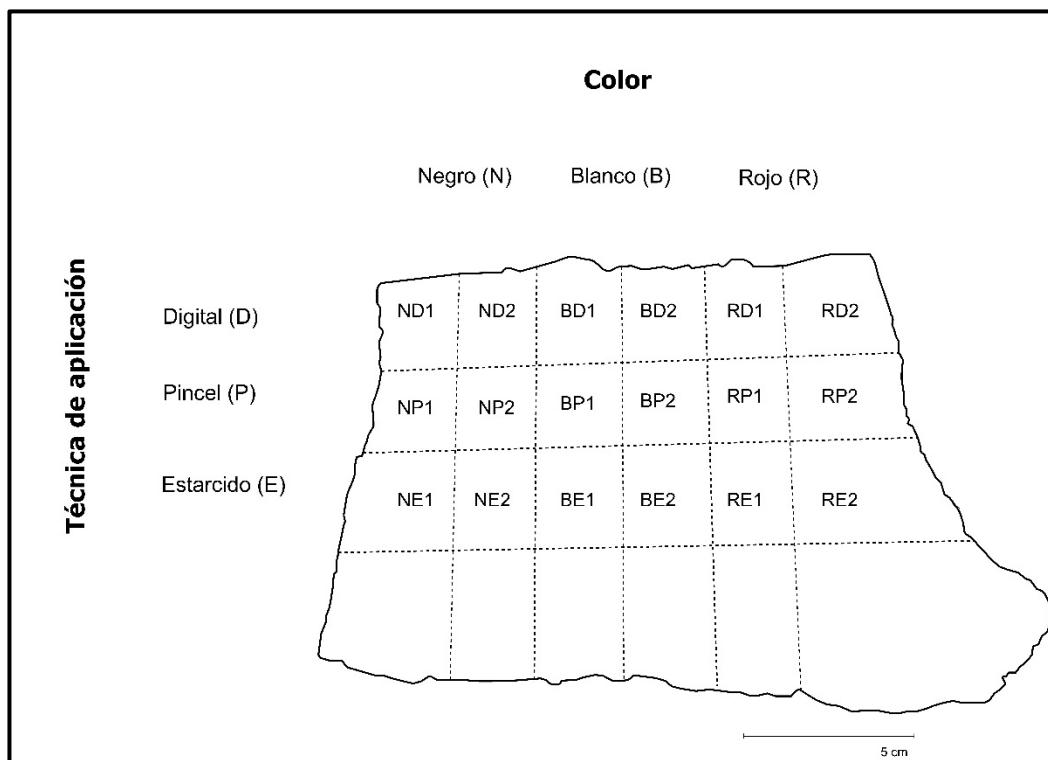


Figura 6: Esquema del diseño experimental.

3.2.2.1 Materiales y procedimiento

Como pigmentos rojo y blanco se utilizaron fuentes minerales recolectadas en la localidad arqueológica, ricas en hematita y caolinita respectivamente según los análisis

químicos efectuados (Mastrángelo *et al.*, 2016), mientras que en el negro se empleó carbonilla marca "R.U." molida (Figura 7).

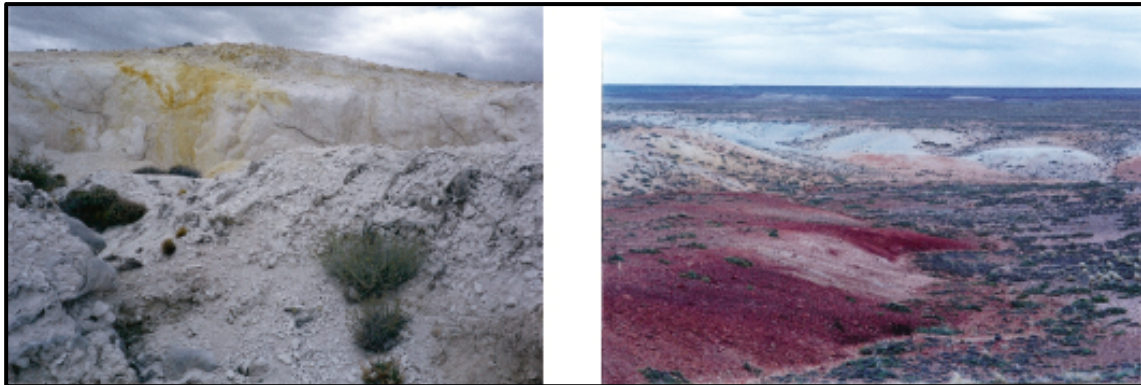


Figura 7: Fotografías de las fuentes de minerales blanco y rojo en la localidad arqueológica, de donde provinieron los materiales cromógenos utilizados en la experimentación. Cortesía Dr. Ariel Frank.

En primer lugar, se llevó a cabo la molienda en seco de las materias primas a utilizar para las técnicas a pincel y digital, empleando un mortero manual de porcelana esmaltada con mano de vidrio, durante 10 minutos para el negro y el blanco y 3 minutos en el caso del rojo, hasta obtener una granulometría que se consideró adecuada¹³ (Figura 8).



Figura 8: Molienda y pesaje de las materias primas. Izquierda, mineral blanco luego de la molienda. Al centro, pesaje en balanza analítica del pigmento negro. Derecha, proceso de molienda de la carbonilla.

¹³ Es preciso aclarar que los tiempos y procesos de molienda necesitan ser estudiados todavía. En este caso son hipotéticos.

Como se desconocía la relación óptima entre el dispersante y el pigmento, se decidió para cada color adicionar agua de a décimas de mililitro hasta lograr una consistencia levemente viscosa, adecuada para su manipulación y aplicación sobre el soporte. Para ello, se pesó en la balanza analítica 0,1 gramos de cada materia prima molida y se le agregó, de manera gradual, agua corriente de a 0,1 ml con una pipeta de vidrio graduada. La composición de cada mezcla pigmentaria se detalla en la Tabla 6 (ver Anexo B).

La aplicación digital se ejecutó por arrastre de la yema del dedo índice pintada sobre la superficie del soporte. Por otro lado, para la técnica a pincel se utilizó como instrumento un pincel de cerdas sintéticas tipo “lengua de gato”¹⁴ comercial, elaborado con un mango de madera y virola metálica. La porción activa de dicho instrumento mide 1 cm de ancho. Como no se buscaba lograr una semejanza formal con los motivos sino estudiar su aspecto microscópico, no se ejecutaron motivos específicos y, en cambio, sólo se cubrió la superficie correspondiente a cada tipo, de unos 6,25 cm² aproximadamente (Figura 9). El soporte se colocó al momento de hacer los trazos pintados experimentalmente de manera horizontal, sobre la superficie de la mesada de trabajo.



Figura 9: Fotografía de la probeta experimental luego de la aplicación digital y a pincel de las mezclas pigmentarias.

¹⁴ El pincel "lengua de gato" es un tipo de pincel plano con bordes redondeados.

Las muestras aplicadas digitalmente y a pincel se dejaron secar una semana en posición horizontal, en un lugar reparado y a la sombra. Luego de ello, se procedió a tomar micro-muestras de cada una de las formas de aplicación recreadas, con el uso de bisturí y bajo lupa binocular. A las 12 muestras planificadas en el diseño experimental original se les sumaron 4 correspondientes a las técnicas blanca digital y a pincel, así como una muestra de roca soporte. De esta manera, el total de muestras extraídas de la probeta experimental fue de 17. Debido a la emergencia sanitaria global ocasionada por la pandemia del SARS-COV-2, no fue factible la inclusión de las muestras correspondientes a los estarcidos. La probeta experimental de esa forma de aplicación fue realizada y las muestras fueron tomadas, pero la inclusión y el análisis visual micro-estratigráfico quedará pendiente para estudios posteriores.

A continuación, las micro-muestras fueron incluidas, siguiendo la metodología explicada para las muestras arqueológicas y analizadas micro-estratigráficamente en términos morfológicos (Figura 10). A continuación, se realizó la observación microscópica de las micro-estratigrafías bajo un microscopio trinocular con luz polarizada Leica DM EP, con luz visible incidente y bajo aumentos de 50X, 100X, 200X y 500X. Se tomaron micrografías con una cámara digital Leica modelo MC 170 HD acoplada al instrumental, que fueron procesadas con el software Leica Application Suite 4.0. (Figura 11).



Figura 10: Fotografías mostrando el proceso de inclusión de las muestras experimentales.

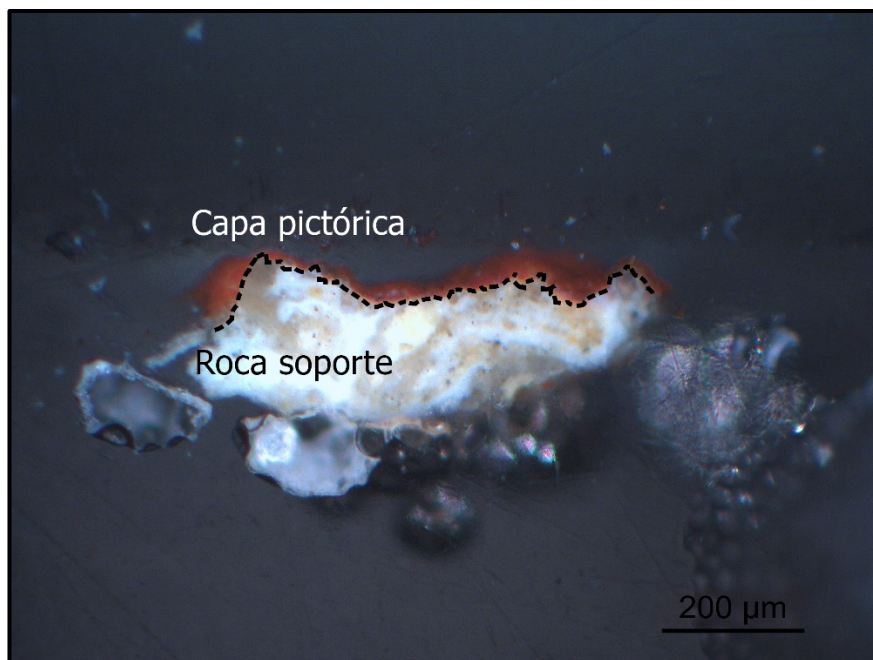


Figura 11: micrografía (100X) de la sección transversal de la muestra experimental RPI. Fue intervenida digitalmente para facilitar la distinción entre capa pictórica (superior en la imagen) y roca soporte (en la parte inferior).

El **análisis morfológico** fue realizado de acuerdo con el efectuado en la etapa 1 para las muestras arqueológicas y documentando las variables allí propuestas. Se efectuaron mediciones del espesor de estratos pictóricos en una selección de muestras, bajo un aumento de 100X y ejecutando 15 medidas por cada una, mediante el software Leica Application Suite 4.0. La calibración del mismo fue de 1 píxel = 0,47 micrómetros. A partir de ese valor, los resultados se consignaron con una cifra significativa después del cero, con un error estimado de 0,5 micrómetros. De ellas se calculó el espesor promedio y la desviación estándar para cada muestra. Además, también se calculó el porcentaje de cobertura para las capas pictóricas, siguiendo el procedimiento explicado para la etapa anterior. El tratamiento de los datos obtenidos también fue realizado de acuerdo con lo descripto.

Capítulo 4: Resultados

4.1. Resultados de la primera etapa: Materialidad y análisis micro-estratigráfico de las pinturas rupestres de La María

4.1.1. Revisión de los análisis químicos de las muestras arqueológicas

Estos análisis han sido llevados a cabo por el equipo de investigación que integra el autor de este trabajo y exceden a este escrito. Sin embargo, se presentan los resultados de los análisis químicos realizados en algunas de las muestras, de acuerdo con la técnica de aplicación de las pinturas estudiadas (digital, pincel y estarcido).¹⁵ Esto permite tener un panorama de los componentes inorgánicos presentes en esos conjuntos, aspecto fundamental para luego estudiar las características morfológicas de las muestras arqueológicas y de las experimentales. En la Tabla 7 se resumen los resultados químicos obtenidos por MEB-EDS y μ ER (Ver Anexo B).¹⁶

Los resultados de MEB-EDS informan distintos elementos químicos, pero no se especifica información cuantitativa, es decir, solamente se conoce que hay presencia de dichos elementos en esa sección transversal estudiada. En los casos donde se realizaron mapeos por MEB-EDS, esa información se encuentra discriminada en la imagen de la micro-muestra, indicando de forma localizada donde hay una mayor densidad de los elementos analizados (Figura 12 y Figura 13). Por su parte, los análisis por μ ER fueron realizados en sectores puntuales de las micro-estratigrafías (en áreas de aproximadamente 50 micrómetros cuadrados bajo aumentos de 100X) y sus resultados dan información sobre las moléculas inorgánicas presentes en esos puntos.

Los resultados de los análisis se estructuraron de acuerdo con los colores más representativos de la diversidad tonal en las pinturas rupestres de la localidad (Frank *et al.*, 2020). Esto significa que se agruparon según mezclas pigmentarias rojas, amarillas, negras y blancas, además del análisis de tres muestras de roca soporte. Las técnicas analíticas utilizadas son complementarias, ya que permiten una caracterización

¹⁵ Estos análisis corresponden a las muestras de las pinturas rupestres de La María. Como se mencionó en el capítulo anterior, la técnica de aplicación fue inferida por los investigadores a partir de observaciones macroscópicas. Esa inferencia es previa a este trabajo y no fue realizada por el autor del mismo.

¹⁶ Para un análisis más detallado de la composición química de las pinturas rupestres de La María, se sugiere consultar Frank *et al.*, 2020.

inorgánica exhaustiva de los analitos mediante el análisis elemental y molecular de ellos.

En líneas generales, se observa una diversidad de elementos y compuestos químicos inorgánicos presentes en las distintas muestras, que varían en relación con el color de la capa pictórica analizada. Como se verá a continuación, también existe una variabilidad de compuestos químicos dentro de colores similares. En ese sentido, como se ha comentado en el apartado de antecedentes, para los colores rojos se plantearon tres posibles conjuntos, desde el punto de vista de los resultados químicos:

- *Conjunto 1*, que presentan bandas en μ ER asignadas al *burnt sienna* (una mezcla entre hematita y magnetita), cuarzo, anhidrita (sulfato de calcio anhidro), inclusiones de magnetita y presencia de wedellita;
- *Conjunto 2*, óxidos de hierro detectados como hematita o burnt sienna, oxalatos de calcio (whewellita o wedellita) y sin presencia de sulfatos de calcio;
- *Conjunto 3*, con hematita, sulfatos de calcio dihidratados (yeso) y wedellita (Frank et al, 2020).

Con respecto a las pinturas amarillas, se han detectado como cromóforos a compuestos de hierro, tales como la goethita y el oxihidróxido de hierro (III). En una de las muestras también se detectó wedellita y cuarzo, mientras que en otra se halló, además de hierro, silicio y aluminio por MEB-EDS (Frank *et al.*, 2020). De acuerdo con la misma investigación, en las pinturas blancas estudiadas se encontró una diversidad de compuestos, que abarca la anatasa, caolinita, yeso y anhidrita. En un caso también se detectó cuarzo, quizás incorporado como una carga o aditivo. Es posible que, en algunas pinturas, los pigmentos blancos hayan sido arcillas, debido a la detección por MEB-EDS de concentraciones de aluminio y silicio, aunque mediante μ ER no fue posible detectarlas. Por último, las pinturas negras analizadas sugieren el empleo de óxidos de manganeso como cromóforos, que en una muestra podría haber sido mezclado con carbón y anhidrita. Sin embargo, es necesario aumentar el número de muestras estudiadas para poder extraer mayores conclusiones.

No solamente se identificaron compuestos cromóforos, sino también otros materiales que podrían haber sido empleados como cargas o aditivos en las mezclas pigmentarias. Entre ellos, se encuentran la anhidrita, yeso, ortoclasa y oxalatos de calcio (whewellita y wedellita). Sin embargo, es preciso señalar que resta investigar cuáles de

esos compuestos fueron añadidos intencionalmente a las mezclas pigmentarias y diferenciarlos de los productos de deterioro o depósitos naturales propios de las canteras de donde fueron extraídos los pigmentos. Otro punto importante es diferenciar los componentes constitutivos de las mezclas pigmentarias de aquellos detectados en las muestras de roca soporte mediante μ ER, tales como *burnt sienna*, anatasa, sanidina, goethita y yeso (Frank *et al.*, 2020).

Un punto problemático, que ilustra la dificultad para diferenciar entre pigmentos y cargas, es la posible presencia de materiales arcillosos en las pinturas y su detección correcta. Por ejemplo, en el mapeo de la muestra 415-20-29, de un motivo de color amarillo, se observa que la capa pigmentaria posee una alta concentración de átomos de hierro y de silicio (Figura 13). Los resultados por MEB-EDS informan, además, la presencia de aluminio, aunque no se muestra la distribución en el mapeo. Por otro lado, los resultados obtenidos por μ ER corresponden a moléculas de cuarzo (que contiene silicio), goethita y wedellita. Sin embargo, teniendo en cuenta que la μ ER no es tan sensible a la detección de arcillas como otras técnicas (por ej., difracción de rayos X), es posible hipotetizar sobre el empleo de una arcilla coloreada en la mezcla pigmentaria (Solá *et al.*, 2013). Es necesario realizar más análisis para poder comprobar dicha hipótesis, tanto en esta muestra, como en otras que plantean resultados similares (en los colores rojo y blanco). Cabe destacar que, la utilización de arcillas coloreadas podría mejorar la adherencia de la mezcla pigmentaria al soporte, además de volverla más cubriente; por lo tanto, podría estar directamente relacionada con la técnica de aplicación (que en el caso analizado corresponde al estarcido).

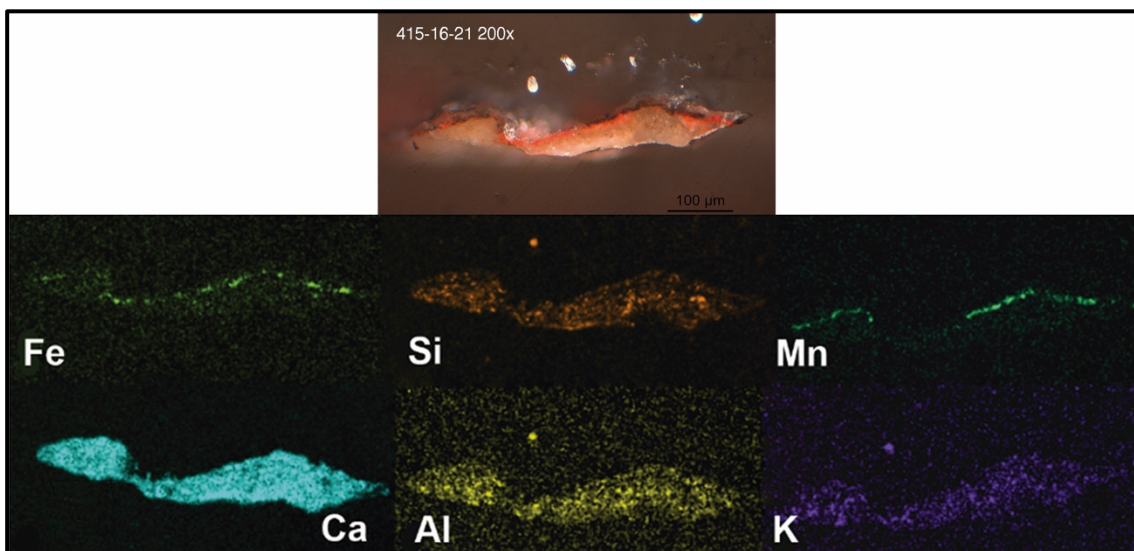


Figura 12: Micrografía de la sección transversal de la muestra 415-16-21 y mapeo por MEB-EDS. Obsérvese la distribución de los distintos elementos en las capas pigmentarias negra, roja y la roca soporte. (Tomada y modificada de Frank *et al.*, 2020).

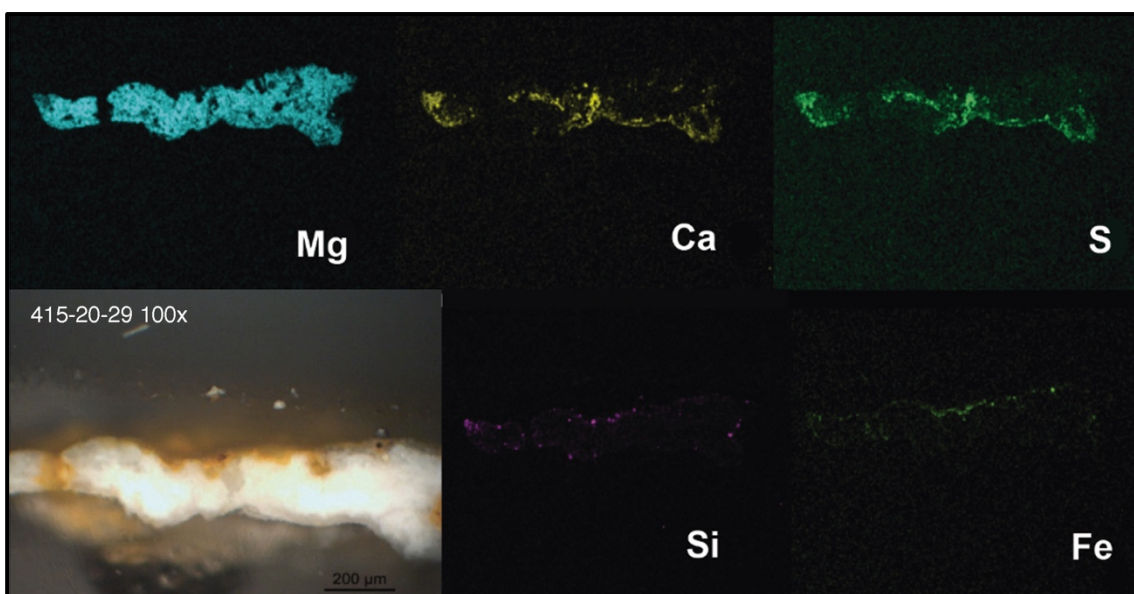


Figura 13: Micrografía de la sección transversal de la muestra 415-20-29 y mapeo elemental MEB-EDS. Nótese la presencia de hierro y silicio en la capa pigmentaria amarilla. (Tomada y modificada de Frank *et al.*, 2020).

Teniendo en cuenta las muestras analizadas y la información disponible, no sería posible asociar, por el momento, la composición química de las mezclas pigmentarias con distintas técnicas de aplicación. Esto se debe a que todavía no se cuenta con un conjunto de muestras analizadas variado para cada técnica de aplicación, que sea representativo de la diversidad de las pinturas rupestres de la localidad. En los estudios

citados, las muestras fueron seleccionadas de acuerdo con el color, ya que el problema de investigación era distinto y se vinculaba a la detección de los pigmentos empleados. En este caso, sería necesario analizar varias muestras del mismo color dentro de cada posible técnica de aplicación para poder evaluar si existen relaciones entre esos dos aspectos.

4.1.2. Análisis morfológico micro-estratigráfico de las muestras arqueológicas

En total, se analizaron 39 micro-muestras de pinturas rupestres de La María.¹⁷ De ellas, 15 fueron registradas durante los trabajos de campo como *digitales*, otras 15 como *a pincel* y 9 *estarcidas*. En las Tabla 8, Tabla 9, Tabla 10, Tabla 11, Tabla 12 y Tabla 13 del Anexo B, se presenta la información correspondiente para cada grupo proveniente de su estudio morfológico.

A continuación, se describen los resultados de acuerdo con cada técnica de aplicación y a cada variable considerada, de acuerdo con las tendencias observadas dentro de cada grupo.

4.1.2.1 Resultados de las muestras arqueológicas digitales

Las 15 muestras arqueológicas digitales consideradas provienen de 6 sitios diferentes dentro de la localidad arqueológica La María: *Cueva J/del Felino* (415-19-3 (am), 415-19-3 (rojo), 415-19-6, 415-19-9 y 415-19-83; n = 5; 33,33% de las muestras digitales bajo estudio); *Cueva Larga* (415-22-25 y 415-22-28; n=2; 13,33 %); *Cueva B* (415-12-35, 415-12-36, 415-12-38 y 415-12-41; n=4; 26,66%); *La Cocina* (415-20-30 y 415-20-100; n=2; 13,33%), *Cueva I* (415-1-56; n=1; 6,66%) y *Cueva II* (415-2-61; n=1; 6,66%). Algunas de ellas fueron extraídas del mismo motivo (415-19-3 (am), 415-19-3 (rojo) y 415-19-83; 415-12-35 y 415-12-36) o del mismo panel (415-22-25 y 415-22-28). Los resultados se resumen en la Tabla 8 (ver Anexo B).

¹⁷ Todas las micro-muestras de las pinturas rupestres de La María analizadas en este trabajo fueron extraídas según los protocolos de TAREA-IIPC por el Dr. Fernando Marte y el Dr. Ariel D. Frank, durante la campaña arqueológica del año 2017. El diseño de muestreo estuvo a cargo del Dr. Ariel D. Frank.

a. Cantidad de estratos

Más de la mitad de las muestras (n=8) poseen un único estrato. El resto se distribuyen entre 2, 3 o hasta 4 estratos en un único caso. En varias micro-estratigrafías no se logró distinguir el número exacto de estratos, así que se incluyeron rangos para representar esa posibilidad. En ninguno de los casos estudiados se encontraron estratos de preparación.

b. Roca soporte

Presente en 11 muestras y ausente en 4. A pesar de la heterogeneidad esperable, al provenir de distintas cuevas y paneles, se observa una tendencia general a presentar colores blanquecinos, algunas veces con mezclas ocres amarillentas y un aspecto traslúcido en muestras delgadas (Figura 14). Algunas poseen inclusiones grandes de cristales, que probablemente sean de cuarzo. En algunos casos, la roca presenta otras heterogeneidades en su matriz con formas delgadas y alargadas, que podrían confundirse con estratos pictóricos. Es importante observar cuidadosamente a distintos aumentos para poder distinguir entre estratos pictóricos y la roca soporte, mediante el análisis micro-morfológico.

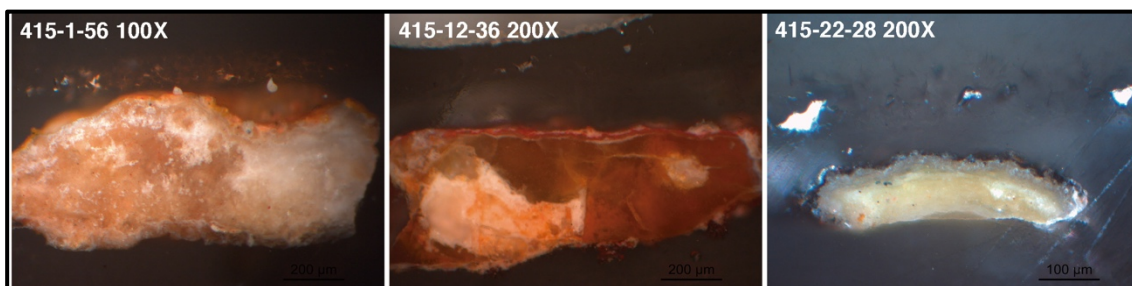


Figura 14: Ejemplos del aspecto de la roca soporte en las secciones transversales de las muestras estudiadas.

c. Color de la capa pictórica

Tanto en este grupo de muestras como en el resto, el estudio del color presentó algunos problemas, debido a que las condiciones de iluminación de las micrografías variaron. Si bien el software empleado posee una herramienta de balance de color, la fuente de luz se reguló en función de la mejor apreciación de cada muestra. Esto generó

una heterogeneidad en la luminosidad que podría dificultar el establecimiento de conjuntos tonales con mayor precisión.

Sin embargo, a grandes rasgos es posible advertir capas pictóricas de color rojo (8 muestras), negro (5 muestras), blanco (5 muestras), amarillo (3 muestras), negro rojizo (1 muestra) y naranja rojizo (1 muestra) (Figura 15). La muestra de color negro rojizo (415-2-61) es un caso particularmente llamativo, ya que la tonalidad se debe a la combinación de pigmentos rojos y negros. Se requiere el estudio detallado de su composición química y de los procesos de producción involucrados para investigar si corresponde a una mezcla intencional de pigmentos, o si corresponde a minerales asociados naturalmente (Figura 16).

Otro caso singular es el de la muestra 415-20-100, de color rojo en el centro pero con variaciones a lo largo de su sección transversal, fundamentalmente debidas a la mezcla con blanco y a la presencia de inclusiones negras de gran tamaño (Figura 17). Esto implica la presencia simultánea de distintos matices del rojo en una micro-muestra, que abarcan desde el rosado claro hasta un rojo intenso.

d. Textura

Existe una frecuencia similar entre estratos con textura homogénea y heterogénea, aunque dentro de esas dos posibilidades hay un abanico mayor (Figura 17). Esta dificultad para distinguir entre texturas homogéneas y heterogéneas es especialmente apreciable en capas pictóricas de menor espesor, donde sería útil poder realizar observaciones a mayor aumento o con otras técnicas microscópicas.

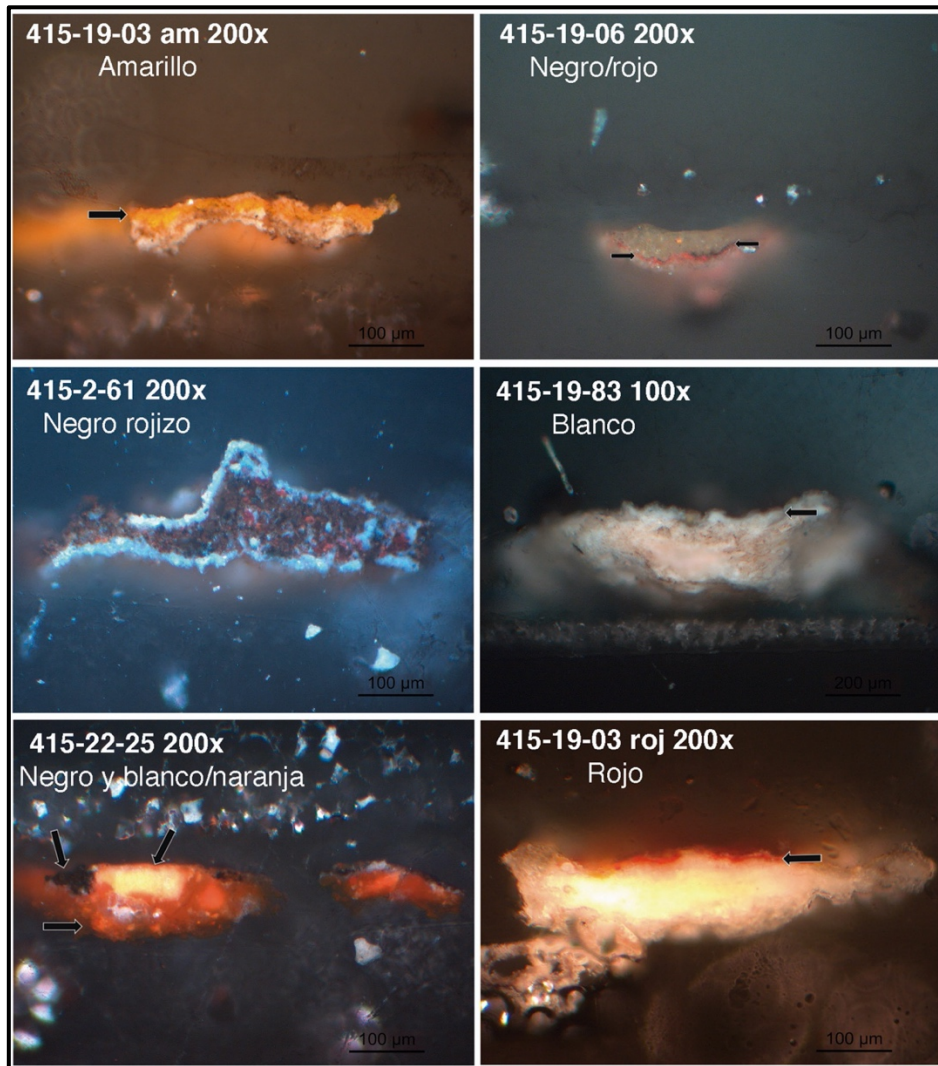


Figura 15: Ejemplos de los colores observados en las muestras digitales. Las flechas señalan las capas pictóricas, cuyos colores se consignan en cada micrografía.

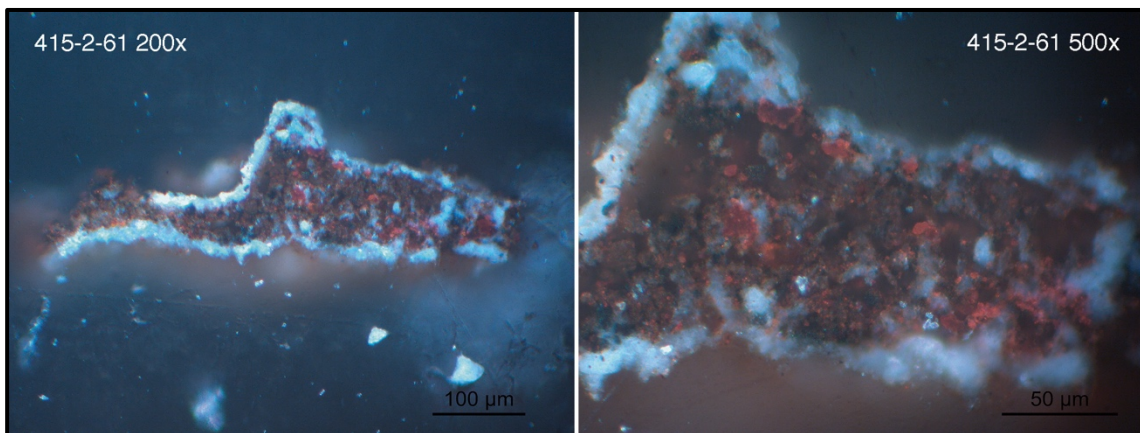


Figura 16: Micrografías de la muestra 415-2-61 a 200x y 500x, mostrando la mezcla de gránulos de pigmento rojo y negro.

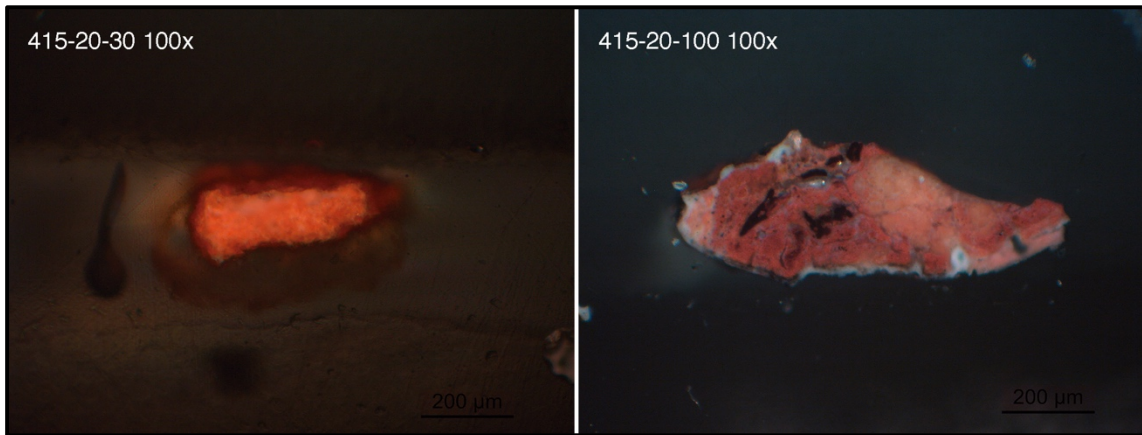


Figura 17: Micrografías de secciones transversales con diferencias marcadas entre una textura homogénea y heterogénea.

e. Granulometría

Al caracterizar cualitativamente la granulometría de las partículas que conforman los estratos pigmentarios aplicados digitalmente, la tendencia general es la predominancia de granulometrías fina y media, con solo dos casos, de las 15 muestras analizadas, de granulometría gruesa (Figura 18). En dos casos se observaron mezclas de granulometrías, con diferencias de tamaño perceptibles entre distintos gránulos.

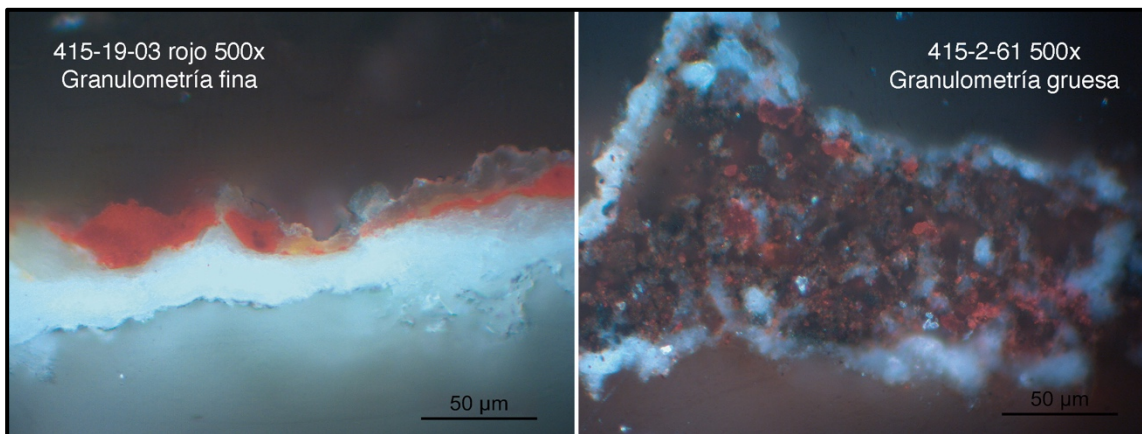


Figura 18: Ejemplos de granulometría fina y granulometría gruesa en las muestras analizadas.

Obsérvese la diferencia de tamaño entre los gránulos de pigmento de ambas muestras: en el primer caso, son de tamaño prácticamente imperceptible al aumento estudiado, mientras que en el segundo es posible distinguirlos y medir su diámetro.

f. Inclusiones

En la mayoría de las muestras (66,7%) no se observan inclusiones bajo los aumentos especificados (Figura 19). En los casos que presentan inclusiones, se observa que la mayoría son de color negro y tanto su tamaño, como distribución, varían. Se observan inclusiones negras, pequeñas y de distribución regular en la muestra 415-19-83 (de color blanco) e inclusiones negras de mayor tamaño y de distintas formas en muestras de color rojo (415-19-3 y 415-20-100).

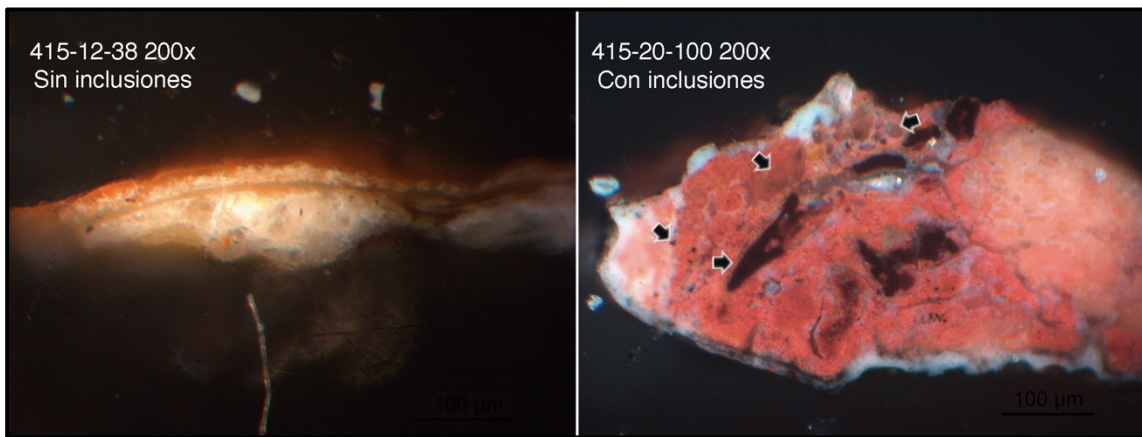


Figura 19: Ejemplos de muestras sin y con inclusiones. Las puntas de flecha señalan inclusiones de distintos tipos en la muestra 415-20-100.

g. Aspecto y forma de la capa pictórica

En general, se observan estratos bien definidos y sin mezclarse con estratos inferiores o superiores, en el caso de existir superposiciones (Figura 20). Esto indicaría, en principio, que esas capas de pintura se aplicaron luego de que las anteriores hubieran secado. También se observa como tendencia estratos bastante regulares y bien adaptados a la fisonomía del soporte, con una superficie levemente ondulada.

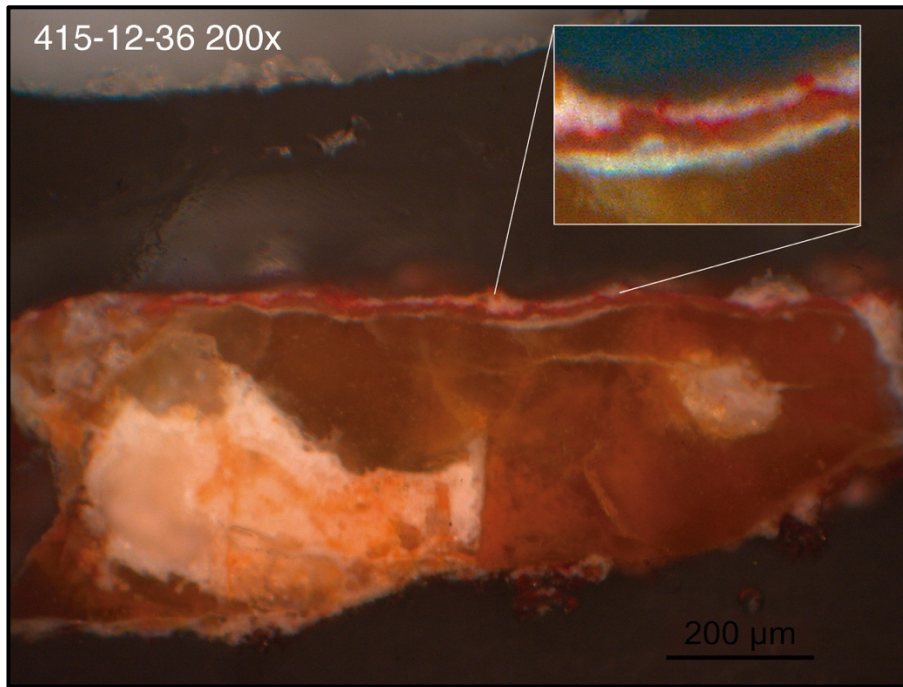


Figura 20: Superposición de estratos. Imagen procesada digitalmente para mostrar la definición de estratos bien delimitados en el caso de una superposición blanco sobre rojo. Obsérvese que los estratos no se mezclan entre sí, sino que tienen límites definidos.

Sin embargo, existen variaciones dentro de este grupo. En primer lugar, hay un conjunto de muestras cuyas características permiten inferir que poseen estratos sensibles al pulido en húmedo, lo que da un aspecto discontinuo e irregular y puede estar acompañado de fragmentos de capa pictórica suspendidos en la resina de inclusión. Esto sucedió, al menos, en las muestras 415-22-28, 415-1-56 y, probablemente, en 415-19-9 (Figura 21).

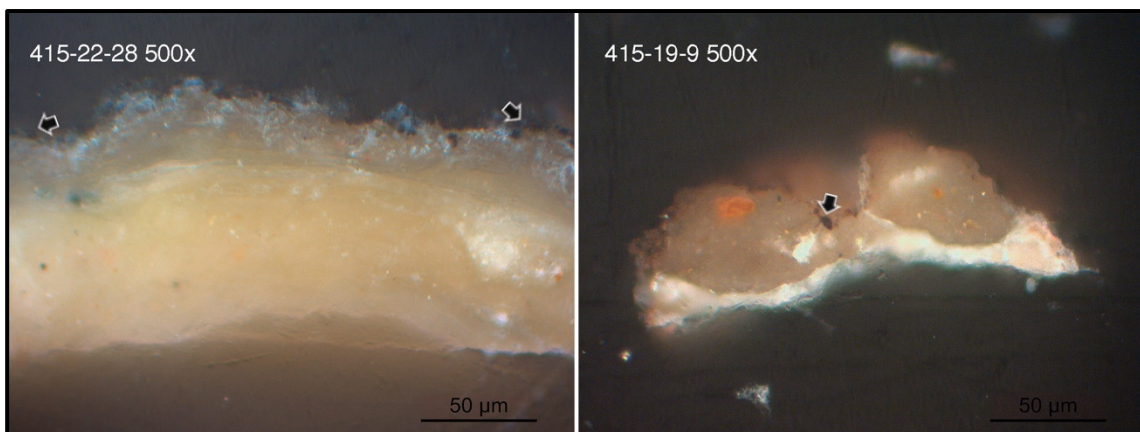


Figura 21: Dos ejemplos de muestras con estratos sensibles al pulido en húmedo. Las flechas señalan los fragmentos remanentes de las capas pictóricas, que en la muestra 415-22-28 se transparentan desde un plano más profundo (no expuesto) de la resina de inclusión.

El caso de la muestra 415-12-41 también es particular, ya que indicaría otra posible variante técnica. En esta sección transversal se observa una capa pictórica muy fina sobre la roca soporte blanca. Sin embargo, la zona inmediatamente subyacente a la superficie pintada se encuentra levemente teñida con el color de la pintura. Es necesario profundizar la investigación, pero podría deberse a la penetración del color en la roca soporte, vinculada a una preparación particular y a una consistencia de la mezcla pigmentaria apropiada para ello (Figura 22).

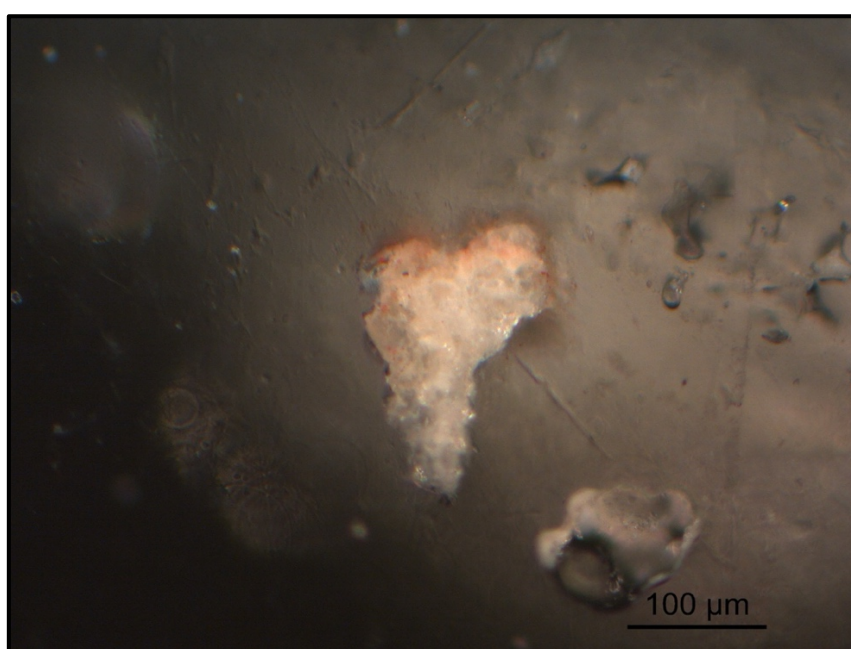


Figura 22: Sección transversal de la muestra 415-12-41 a 200x, mostrando la coloración de la roca soporte subyacente a la capa pictórica.

h. Espesor promedio de la capa pictórica

En la Tabla 9 se observan las mediciones para las muestras digitales, con sus valores de promedio de espesor ordenados de menor a mayor (ver Anexo B). El rango de las mediciones abarca desde un mínimo de 1,5 micrómetros de espesor hasta el máximo de 231,9 micrómetros. En este caso, el promedio de las mediciones de espesores de todas las muestras (36,8 micrómetros) parece poco indicativo como medida de centro, ya que se ve muy influenciado por los valores extremos.

Particularmente, a partir del análisis del gráfico de caja¹⁸, se observan valores atípicos que podrían deberse tanto a errores propios de la medición y/o inclusión, como a formas distintas de aplicación digital dentro del grupo¹⁹ (Figura 23). La "caja" se encuentra desplazada hacia abajo, con el valor del promedio por sobre el límite superior de ella, y el de la mediana, en la parte inferior. Esto significa que los valores comprendidos entre el primer y el tercer cuartil, que representan un 75% de las mediciones, se hallan por debajo de la media. Por ende, el valor de la mediana del conjunto (10,3 micrómetros) parece ser el más representativo como medida de tendencia central. Los valores de la mayoría de las mediciones de espesor, exceptuando los valores atípicos, se encuentran entre 1,5 micrómetros y 35,8 micrómetros.

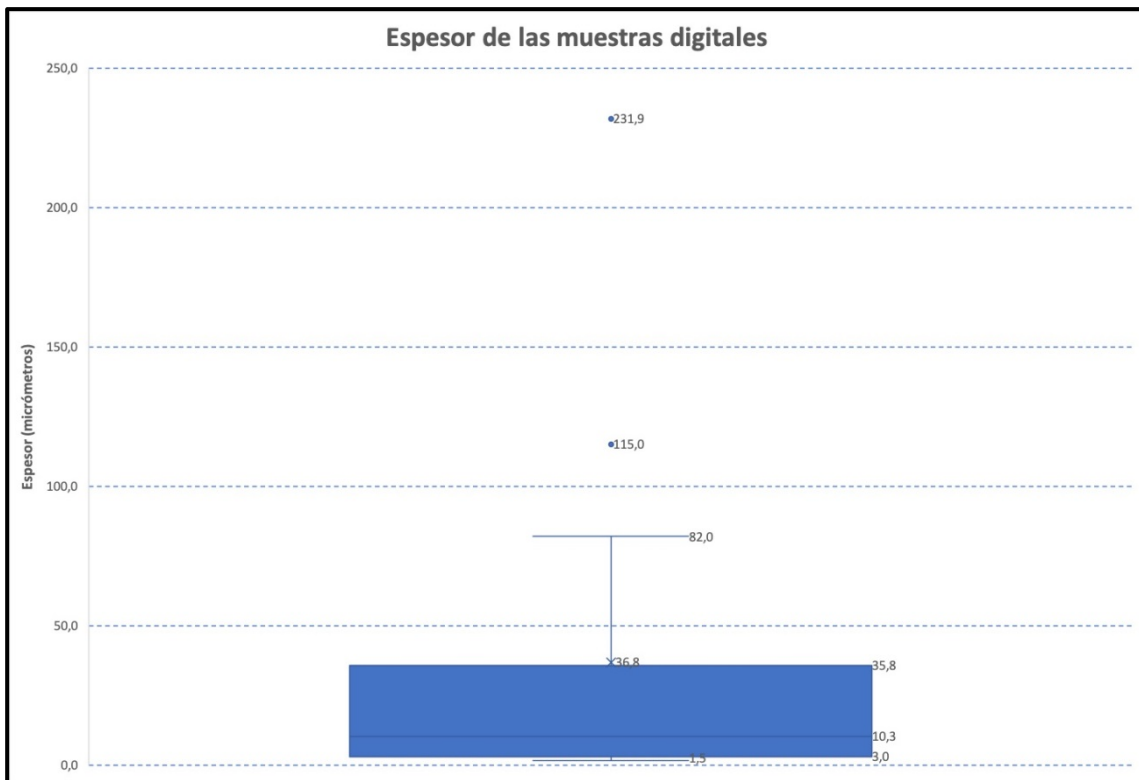


Figura 23: Diagrama de caja del espesor de las muestras digitales.

¹⁸ Esta forma de graficar los resultados permite ver rápidamente el rango de ellos, la tendencia en su distribución, los parámetros de tendencia central y los valores atípicos, entre otros aspectos. Para mayor detalle, remitirse al capítulo 3 de este trabajo.

¹⁹ Los valores atípicos son aquellos que se encuentran por fuera de los límites calculados para el conjunto estudiado. Los errores debidos a la medición y/o a la inclusión podrían deberse a defectos en esos procedimientos que influyeran en mediciones incorrectas como, por ejemplo, la falta de perpendicularidad de la muestra dentro del cilindro de inclusión. Sin embargo, también puede indicar grupos dentro del conjunto, que podrían deberse a formas diferentes de técnica de aplicación digital.

i. Desviación estándar y coeficiente de variación

Los coeficientes de variación²⁰ se encuentran dentro de un rango de 13,03% y 66,94%, con un valor promedio de 33,73%.

j. Porcentaje de cobertura

Los porcentajes de cobertura varían dentro de un rango de 21,60% para el mínimo y un 100,00% para el máximo. De las 15 muestras consideradas, solo 3 tienen valores menores al 50% de cobertura, lo que indicaría en general una buena continuidad en las capas pictóricas estudiadas, con presencia de una minoría de continuidad regular a mala. No se observa una correlación entre el espesor de los estratos y el valor del porcentaje de cobertura.

4.1.2.2 Resultados de las muestras arqueológicas a pincel

Las 15 muestras arqueológicas a pincel provienen de 8 sitios dentro de la localidad arqueológica La María: *Cueva J/del Felino* (415-19-1, 415-19-7, 415-19-12 y 415-19-13; n = 4; 26,67 % de las muestras a pincel estudiadas); *Cueva H* (415-16-18, 415-16-19, 415-16-21 y 415-16-22; n=4; 26,67 %); *Cueva Túnel* (415-23-15 y 415-23-99; n=2; 13,33 %); *Cueva B* (415-12-37; n=1; 6,66%); *La Mesada* (415-21-49; n=1; 6,66%), *Cueva I* (415-1-58; n=1; 6,66%), *Cueva II* (415-2-59; n=1; 6,66%) y *Cueva IV* (415-4-69; n=1; 6,66%). Algunas de ellas fueron extraídas del mismo motivo (415-16-18 y 415-16-19; 415-16-21 y 415-16-22) o del mismo panel (415-23-15 y 415-23-99). Los resultados se resumen en la Tabla 11 (ver Anexo B).

a. Cantidad de estratos

El 66,67% de las muestras (n=10) poseen un único estrato. Las restantes tienden a presentar dos estratos superpuestos. En algunas micro-estratigrafías no se logró

²⁰ El coeficiente de variación es la relación entre el valor de la desviación estándar y la media de un conjunto de datos. En el caso de los espesores promedio de las capas pictóricas, un coeficiente más bajo implicaría una mayor homogeneidad en los valores de la variable, mientras que un coeficiente más alto se traduciría en una mayor heterogeneidad en los valores de dicha variable (Mastrángelo, 2013). En este trabajo, los valores del coeficiente se presentan de forma porcentual para facilitar su lectura.

distinguir el número exacto, por lo que se incluyeron rangos que llegan hasta los 3 estratos. En ninguna de las muestras analizadas se hallaron estratos de preparación del soporte.

b. Roca soporte

Presente en 9 muestras y ausente en 6. Al igual que en las muestras digitales, se observa una tendencia general a presentar colores blanquecinos y un aspecto traslúcido en muestras delgadas. En un caso se observa la roca soporte de color amarillento, mientras que en otro se vuelven a presentar vetas o estratos naturales que pueden confundirse con capas pictóricas (Figura 24).

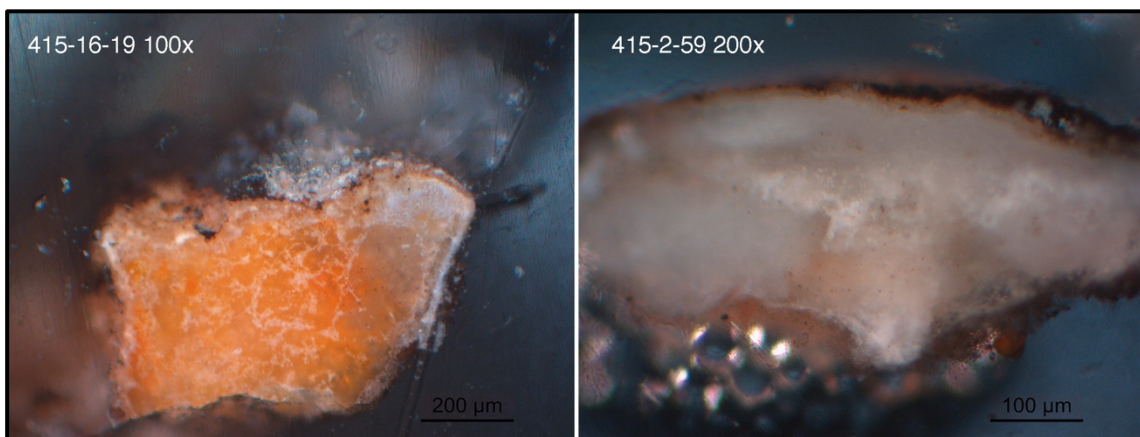


Figura 24: Diversidad en las características de la roca soporte señaladas en el texto.

c. Color

Se observaron capas pictóricas de color rojo (8 muestras), negro (7 muestras), naranja (2 muestras), blanco (1 muestra) y amarillo (1 muestra) (Figura 25).

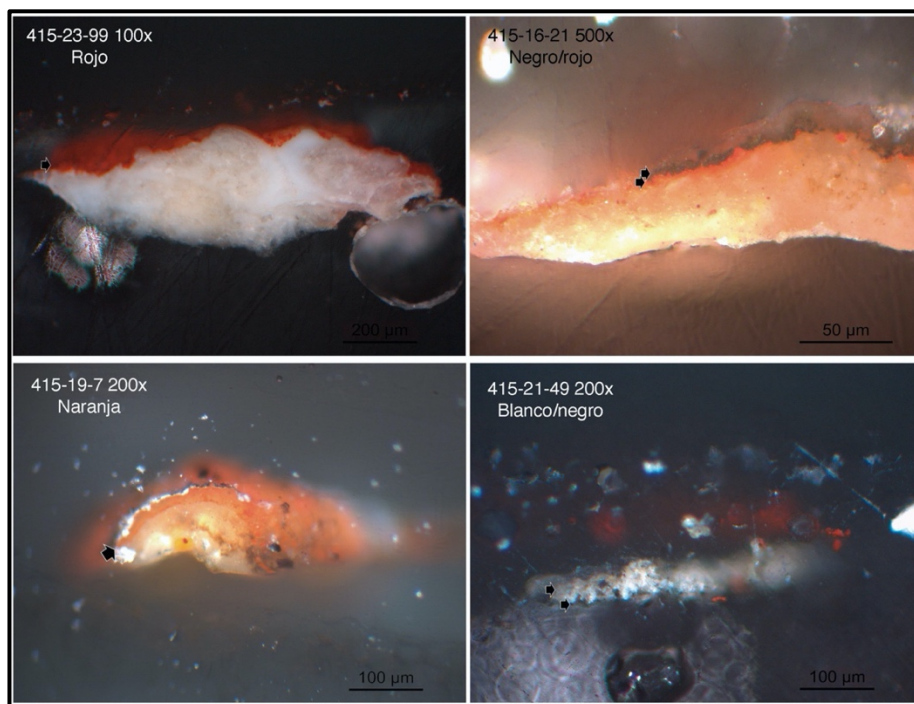


Figura 25: Parte de la diversidad de colores presentes en las muestras a pincel. Las flechas señalan las capas pictóricas en las micrografías.

Dentro de las muestras rojas, la 415-19-1, 415-19-12 y 415-16-18 presentan algunos aspectos similares, con tonos de rojo parecidos, mezcla con pintura blanca y presencia de varias inclusiones de gran tamaño (Figura 26).

Por otro lado, la muestra amarilla (415-1-58) también presenta características particulares, con un color intenso y gránulos de pigmento amarillo mezclados con partículas blancas y, quizás, otros minerales (Figura 27). Este tipo de capa pictórica amarilla difiere de los registrados en el grupo de muestras digitales.

d. Textura

La distribución entre texturas es pareja, con 8 muestras de textura homogénea y 7 de textura heterogénea. Nuevamente, los casos de textura heterogénea más marcada se corresponden con las muestras de un mayor espesor de la capa pictórica.

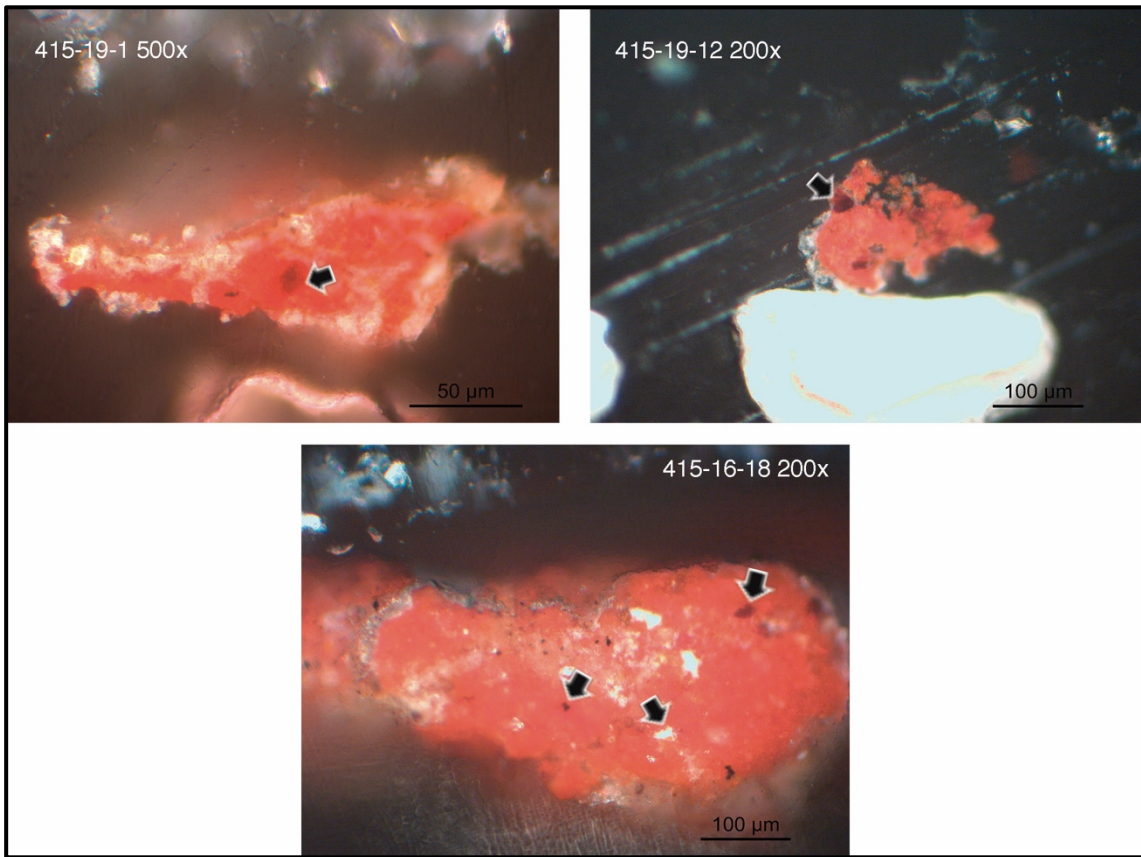


Figura 26: Muestras de color rojo de características morfológicas similares. Las flechas señalan algunas inclusiones.

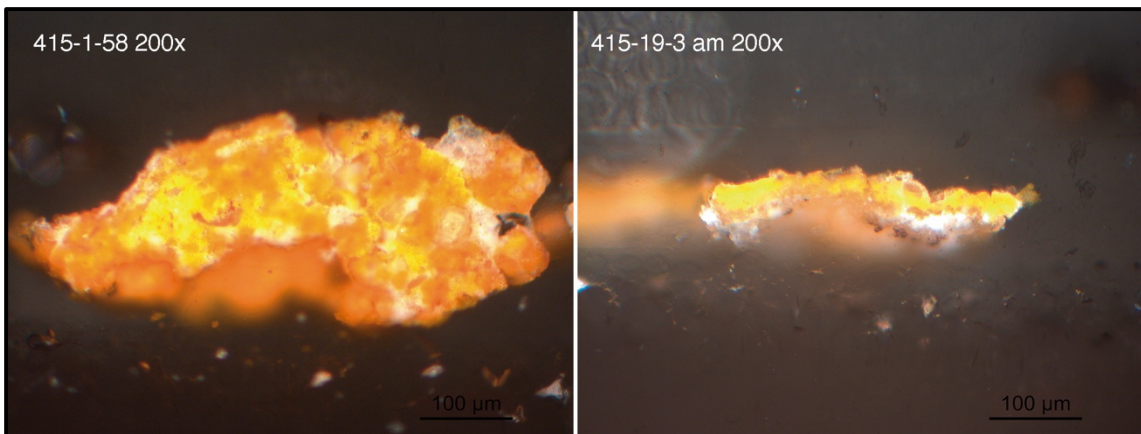


Figura 27: Nótese la diferencia de color, textura, espesor y granulometría entre muestras de un color "amarillo", pero en distintos sitios y con diferente forma de aplicación, a pincel (izquierda) y digital (derecha).

e. Granulometría

La mayoría de las muestras presentan una granulometría de fina a media, con una predominancia fina (Figura 28). En algunos casos, también se observa la presencia conjunta de granulometrías finas y medias en la misma muestra. Solamente en un caso se registró una granulometría gruesa.

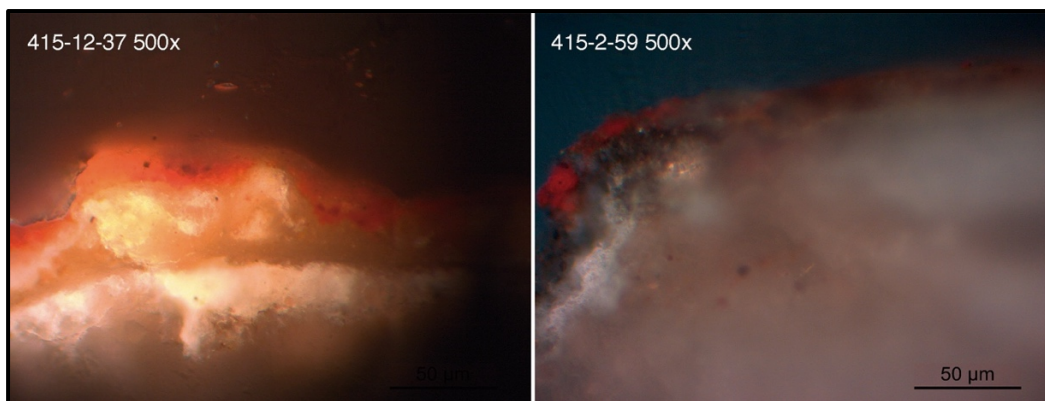


Figura 28: Ejemplos de granulometría fina (izquierda) y fina a media (derecha), predominantes en el conjunto estudiado.

f. Inclusiones

Se observaron inclusiones solamente en tres muestras, de color negro, forma y tamaño variable y asociadas a capas pictóricas de color rojo. En un caso también se hallaron inclusiones blancas asociadas (Figura 26).

g. Aspecto y forma de la capa pictórica

La falta de muestreo de roca soporte en 6 de las 15 muestras dificulta el análisis de la morfología y de la relación entre ellas y el soporte. Se observa que la mayoría de las muestras sin roca soporte tienen un espesor de capa pictórica mayor.

Se observa una diferencia de aspecto vinculada al color: los estratos de color rojo parecerían tender a una distribución más regular y pareja, con una superficie menos accidentada, mientras que los estratos de color negro son más delgados, de espesor menos regular y superficie más accidentada (Figura 29).

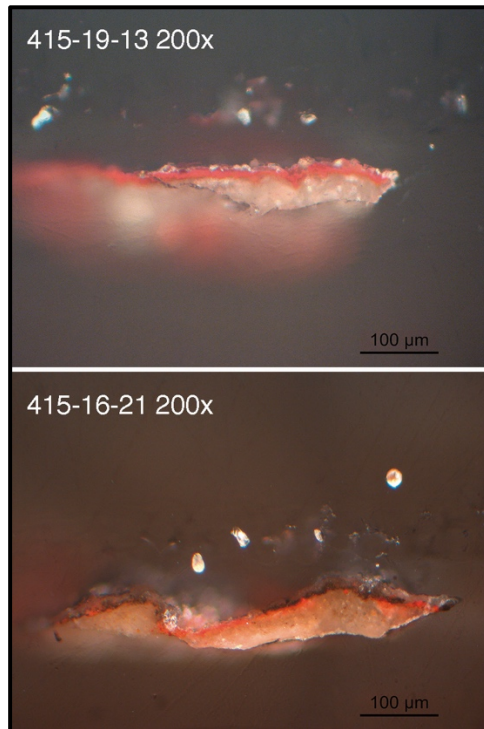


Figura 29: Diferencias morfológicas entre un estrato rojo y uno negro de supuesta misma forma de aplicación (a pincel).

La muestra 415-21-49 presenta un aspecto compatible con el de estratos sensibles al agua, ya que debería mostrar un estrato rojo del que se observan únicamente algunos fragmentos suspendidos en la resina (Figura 30).

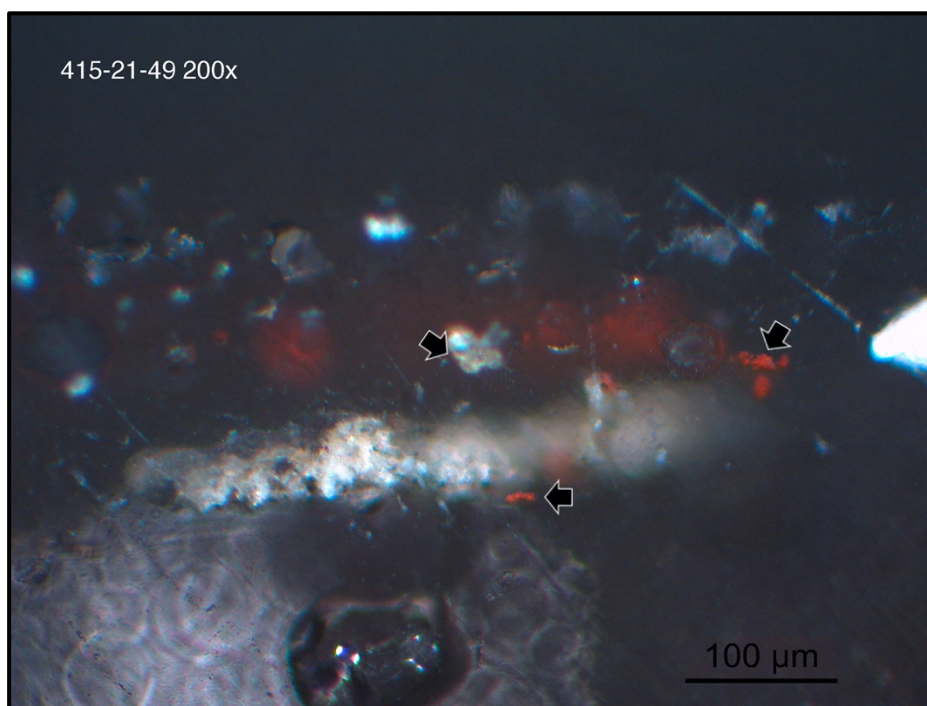


Figura 30: Muestra con signos de estratos sensibles a la humedad. Las flechas señala algunos de los fragmentos de capas pictóricas roja y blanca disgregados.

h. Espesor promedio de la capa pictórica

Los valores promedio para el espesor de las capas pictóricas analizadas se encuentran en el rango de los 4,2 micrómetros (mínimo) a 187,2 micrómetros (máximo), con un valor promedio de 50,3 micrómetros y una mediana de 21,6 micrómetros (ver Tabla 11 en Anexo B).

El gráfico de caja de las muestras que habrían sido aplicadas a pincel exhibe una distribución de rango amplio, con la caja desplazada hacia el sector inferior, el valor promedio dentro de ella y el de la mediana, cercano al límite inferior. No se observan valores atípicos para este conjunto, a diferencia del caso de las muestras digitales (Figura 31). Como en el caso anterior, el valor del promedio se halla particularmente afectado por las mediciones de los extremos, que son casos minoritarios, mientras que la mediana es más robusta en ese sentido. Para aclarar esto, téngase en cuenta que la mediana representa el valor del segundo cuartil. En este caso, significa que el 50% de las mediciones se hallan dentro del rango de 4,2 micrómetros a 21,6 micrómetros, aunque el promedio sea de 50,3 micrómetros. Se observa entonces que, a pesar de un rango de espesor bastante amplio, la mayoría de ellas se encuentra en una zona mucho más restringida de la gráfica.

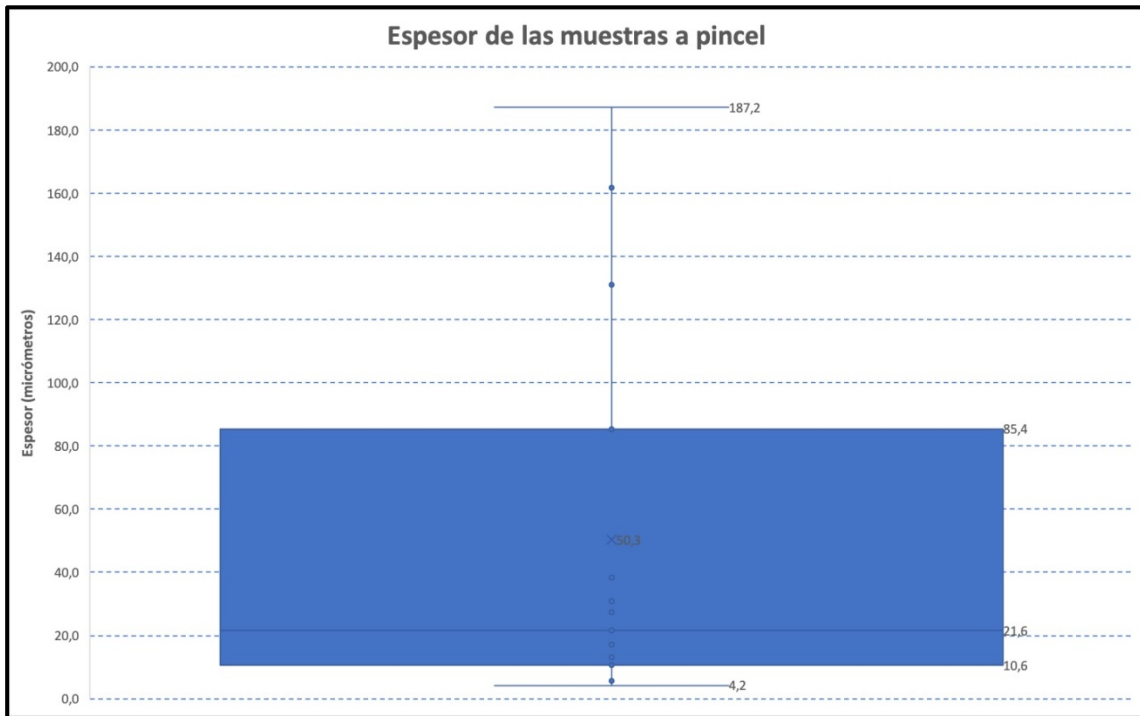


Figura 31: Gráfico de caja del espesor promedio de las muestras a pincel.

i. Desviación estándar y coeficiente de variación

Como en el grupo anterior, los valores de la desviación estándar parecen variar en función del espesor de estrato (a mayor espesor, mayor el valor de este parámetro). Sin embargo, los coeficientes de variación se encuentran dentro de un rango de 10,85% y 67,72%, con un valor promedio de 35,16%. En líneas generales, se observan valores similares a los obtenidos en el caso de las muestras digitales.

j. Porcentaje de cobertura

Los valores de porcentaje de cobertura se distribuyeron por sobre el 65,09%, con una tendencia mayoritaria a valores mayores al 85%. Esto indicaría, en principio, que la mayoría de las capas pictóricas analizadas tuvieron una buena cobertura. No se observa ninguna relación entre el espesor promedio y esta variable.

4.1.2.3 Resultados de las muestras arqueológicas estarcidas

Las 9 muestras arqueológicas estarcidas provienen de sitios dentro de la localidad arqueológica La María: *Cueva J/del Felino* (415-19-5 y 415-19-8; n = 2; 22,22% de las muestras estarcidas); *Cueva I* (415-1-57 y 415-1-124; n=2; 22,22%); *Cueva Caballo Muerto* (415-17-103; n=1; 11,11%); *Cueva B* (415-12-40; n=1; 11,11%); *La Cocina* (415-20-29; n=1; 11,11%), *Anfiteatro* (415-10-115; n=1; 11,11%); y *Cueva del Sol* (415-18-135; n=1; 11,11%). Los resultados se presentan en la Tabla 12 (ver Anexo B).

a. Cantidad de estratos

Del total de las muestras, solamente 3 poseen un estrato, mientras que el resto se distribuyen entre 2 y 3 capas. Un caso presenta, al menos, 5 o 6 capas visibles. En dos micro-estratigrafías no se logró distinguir el número exacto, así que se incluyeron rangos. En ninguna de las muestras analizadas fueron encontrados estratos de preparación.

b. Roca soporte

Presente en 7 y ausente en 2 muestras. En líneas generales, su aspecto es similar al observado en las muestras digitales y a pincel (Figura 32). En las muestras 415-19-5 y 415-10-115, registradas con una capa pictórica color blanco, resulta muy complejo poder diferenciar entre roca soporte y pintura, lo que vuelve imposible evaluar las otras variables en esos casos.

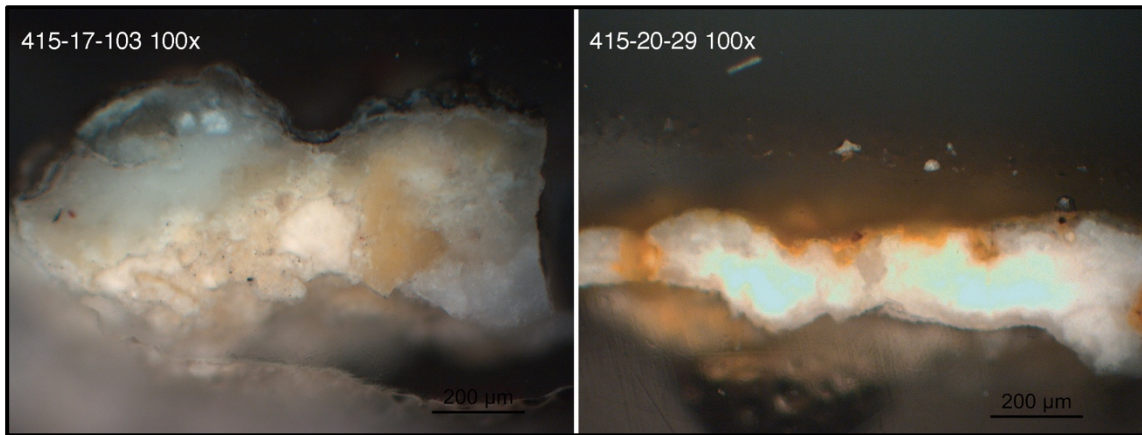


Figura 32: Aspecto de la roca soporte y su diversidad de texturas en las muestras estudiadas.

c. Color

Se han encontrado estratos negros (3 muestras), blancos (3 muestras), rojos (3 muestras), amarillos (2 muestras), rosado (1 muestra), naranja (1 muestra), y blanco-grisáceo (1 muestra) (Figura 33).

Como en los grupos anteriores, se comentarán brevemente algunos casos llamativos. La muestra amarilla 415-20-29 tiene un color logrado aparentemente mediante la molienda muy fina del pigmento, ya que no se observan gránulos. Por otro lado, se distinguen partículas negras de gran tamaño (comparadas con el espesor de la capa pictórica) (Figura 32).

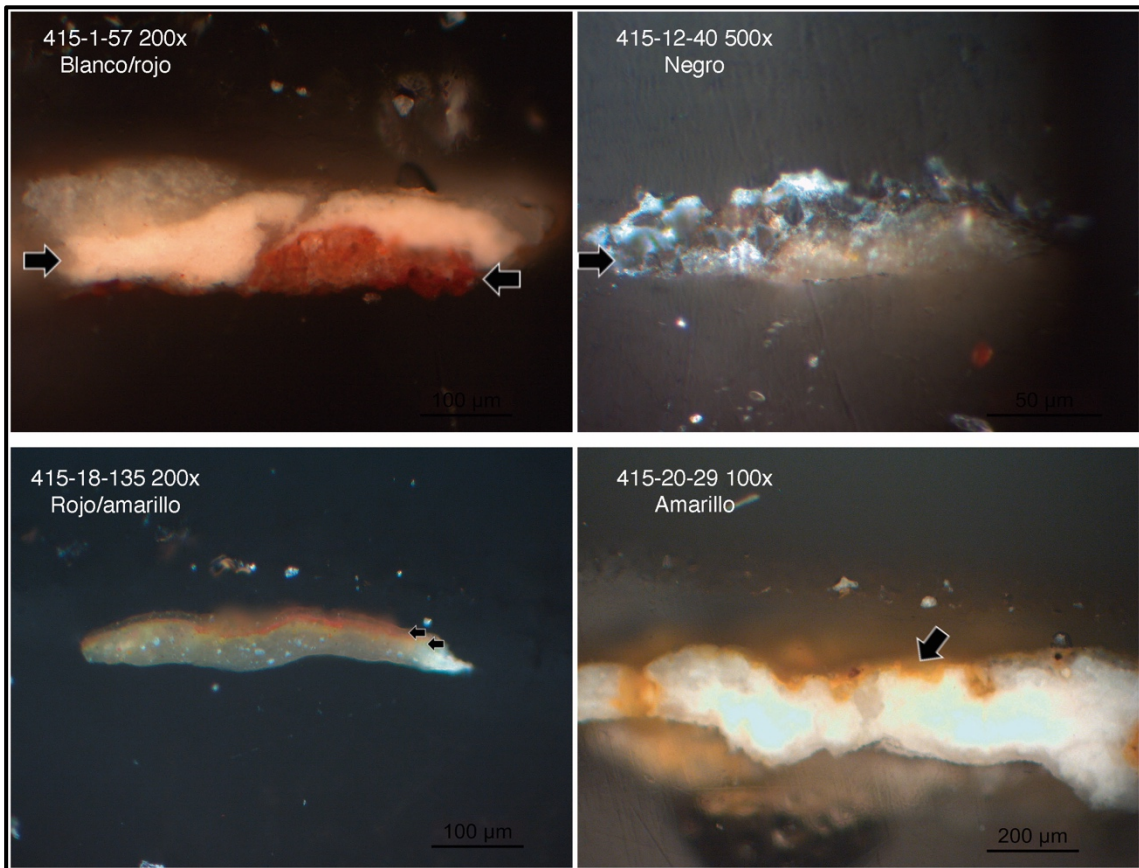


Figura 33: Diversidad de colores presentes en las muestras estarcidas analizadas. Las flechas señalan las capas pictóricas, cuyos colores se indican en cada micrografía.

La muestra 415-19-8, extraída de un motivo de color amarillo, es compleja de interpretar, ya que posee finas capas negras y la capa pictórica es muy heterogénea, con varias inclusiones y mezclas con pintura blanca. Su aspecto y color se asemeja más a otras muestras rojas analizadas previamente que al grupo de las amarillas. El color es rojizo o anaranjado, mezclado en algunos sectores con blanco, mientras que su aspecto es de una capa pictórica de mayor espesor y con bordes irregulares (Figura 34).

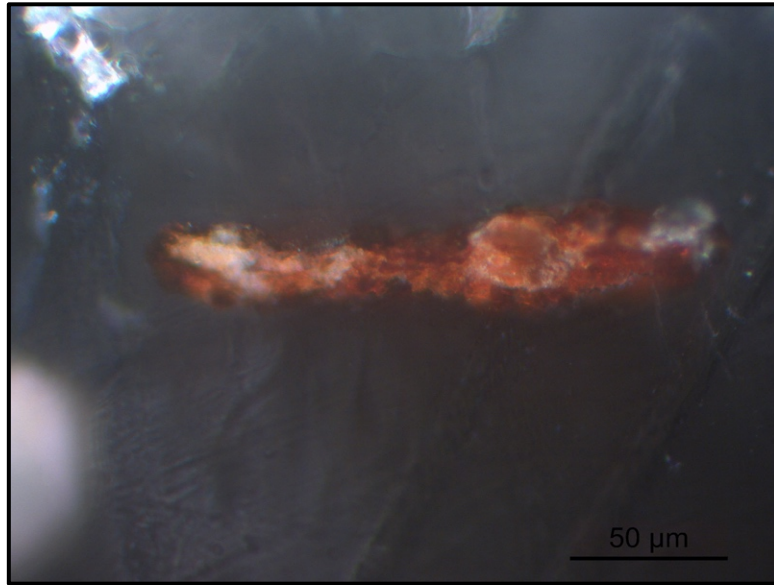


Figura 34: Muestra 415-19-8 a 500x. Obsérvese la mezcla de colores en una capa pictórica tomada como "amarilla".

Seguramente, el caso más excepcional (y sorprendente) sea el de la muestra 415-1-124, tomado como una superposición de dos capas (blanco sobre rojo) y que resultó en una estructura pictórica compleja de, al menos, 5 estratos (Figura 35). En términos de color, permite observar bajo las mismas condiciones de luminosidad y de exposición de la toma fotográfica, 3 capas pictóricas "blancas" que presentan diferencias tonales perceptibles. La capa rosada, señalada con el número "3" en la figura, muestra una forma de obtención del color realizada por la molienda muy fina y una mezcla aparente entre pintura blanca y roja.

d. Textura

La mayoría de las capas pictóricas analizadas ($n = 5$) poseen una textura heterogénea. Los espesores más delgados suelen ser más homogéneos, aunque el caso de la muestra 415-1-124, con unos 5 o 6 estratos, muestra variaciones entre capas de espesores similares (Figura 35).

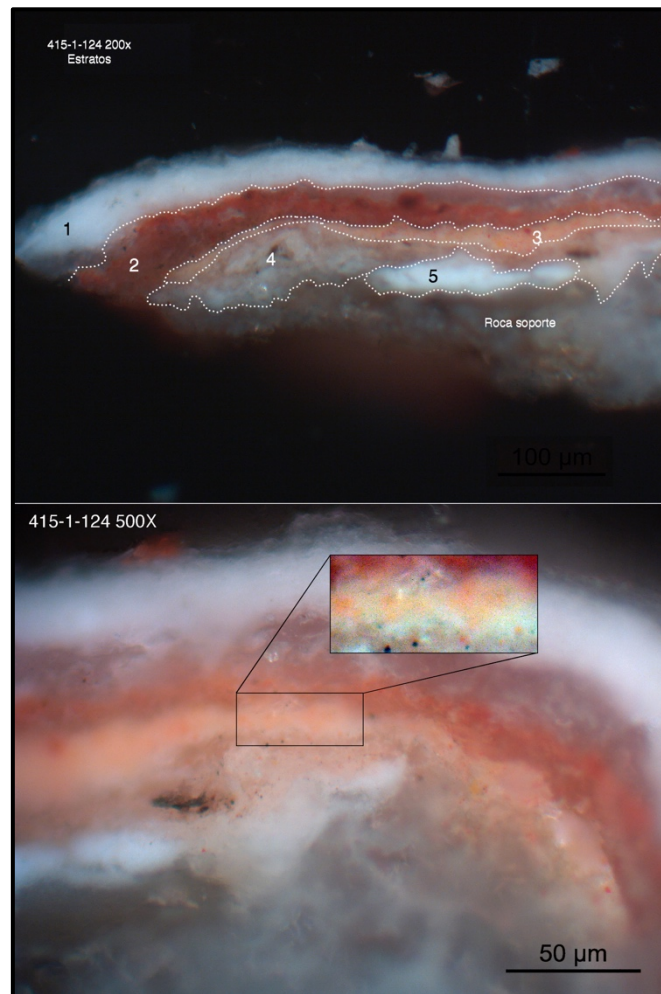


Figura 35: Esquema de la sucesión de estratos en la muestra 415-1-124 y detalle de mezcla de colores en estrato rosado. Obsérvese la diversidad de texturas presentes en la misma muestra, donde las capas blancas (1 y 5) son homogéneas y las capas roja (2), rosada (3) y blanca-grisácea (4) son heterogéneas. La imagen inferior muestra un detalle de la capa 3 con el contraste modificado digitalmente para evidenciar la formación del rosado por mezcla de color.

e. Granulometría

La tendencia mayoritaria es presentar una granulometría fina, seguida por la presencia de mezclas de granulometrías finas y medias. Solamente en un caso se observa una granulometría de media a gruesa.

f. Inclusiones

A partir de las observaciones realizadas, 4 de las 7 muestras presentan inclusiones en sus capas pictóricas. La mayoría de ellas son de color negro y varían en

su tamaño y forma. No se observa una tendencia de asociación entre color del estrato y presencia de inclusiones (Figura 36).

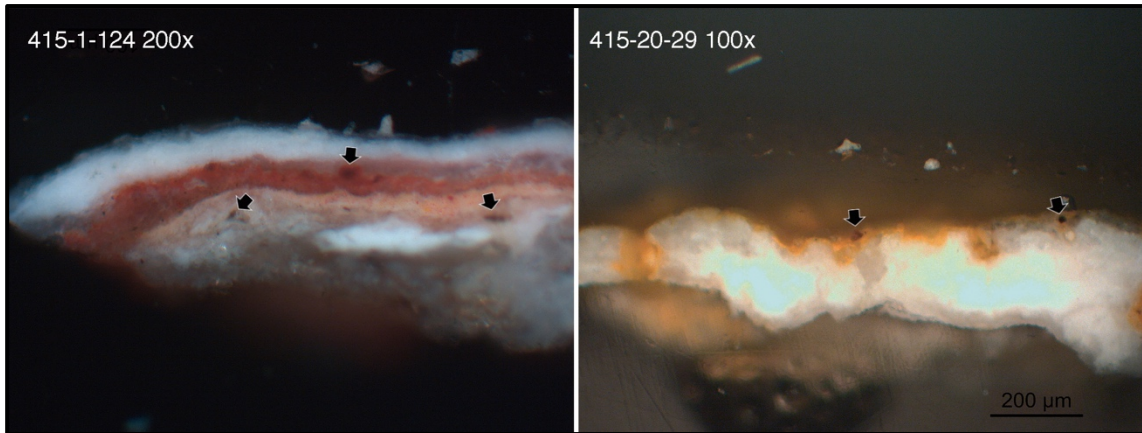


Figura 36: Ejemplos de micro-muestras con inclusiones. Las flechas señalan algunas de las inclusiones en las micrografías.

g. Aspecto y forma de la capa pictórica

En general, las muestras estarcidas presentan estratos más bien regulares y continuos, con superficies poco accidentadas (Figura 37). En las que tienen superposiciones, las capas se distinguen claramente entre sí, lo que indicaría que antes de ejecutar una capa se esperaba que la anterior secara (en el caso de eventos de pintado cercanos en el tiempo).

La sección transversal de la muestra 415-19-8 es compleja de interpretar, dado que se observan distintos estratos de color negro y mezclas en la capa pictórica, lo que podría indicar una variante del proceso de pintado²¹ (Figura 34).

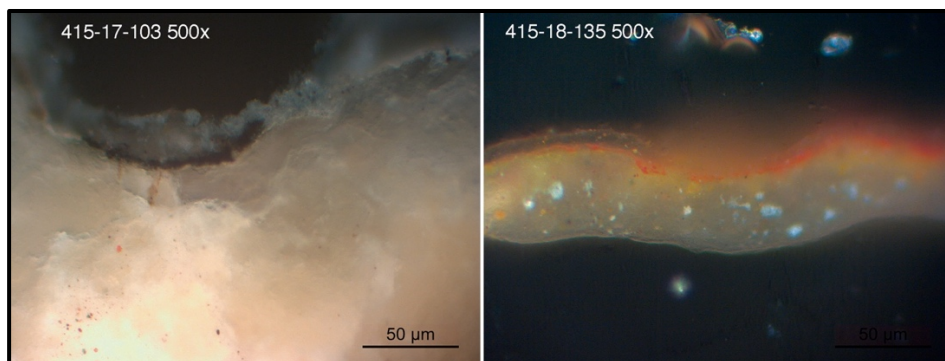


Figura 37: Dos ejemplos del aspecto de las capas pictóricas estarcidas.

²¹ También sería necesario evaluar otros aspectos, tales como el estado de conservación del motivo y los procesos posdeposicionales a los que habría estado expuesto.

h. Espesor promedio de la capa pictórica

Los valores promedio para el espesor de las capas pictóricas analizadas se encuentran en el rango de los 5,4 micrómetros (mínimo) a 53,1 micrómetros (máximo), con un valor promedio de 21,6 micrómetros y una mediana de 19,4 micrómetros. (Tabla 13 en Anexo B)

Al ser un conjunto de mediciones significativamente menor a los anteriores, es posible que no sea representativo de la técnica estudiada. Se observa que el valor promedio se acerca al de la mediana, al tener una distribución de valores de espesor más próximos que en los otros grupos y con un rango mucho más acotado (Figura 38).

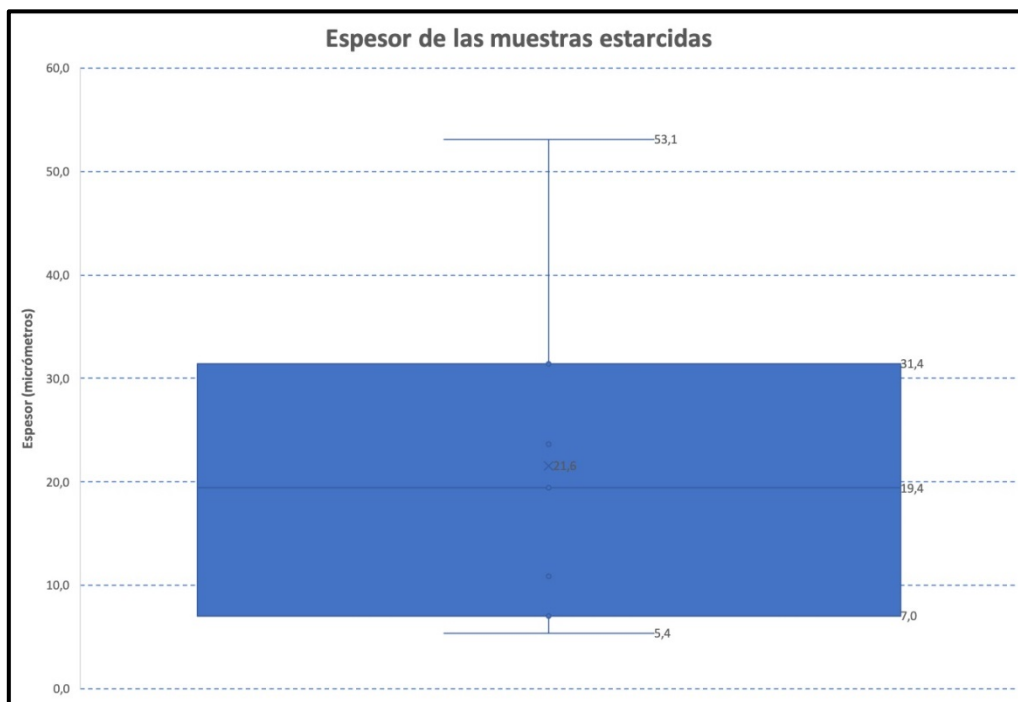


Figura 38: Diagrama de caja del espesor de las muestras estarcidas.

i. Desviación estándar y coeficiente de variación

Los coeficientes de variación se encuentran dentro de un rango de 24,58% y 47,67%, con un valor promedio de 32,78%. Según los datos obtenidos, no parece haber una relación directa entre el espesor promedio de la capa pictórica y su coeficiente de

variación. En líneas generales, se observan valores similares a los obtenidos en los dos grupos anteriores, aunque en este caso el rango es más acotado.

j. Porcentaje de cobertura

Esta medición se pudo realizar en 5 muestras, ya que es un requisito la presencia de la roca soporte o un estrato subyacente para ser utilizado como referencia. En 4 de 5 casos se observa un valor del porcentaje de cobertura mayor al 90%, lo que indica una excelente continuidad de esas muestras. Solamente un caso presenta un valor menor, de aproximadamente un 60%.

4.2. Resultados de la segunda etapa: análisis morfológico micro-estratigráfico de las muestras experimentales

Se procesaron un total de 17 muestras experimentales, que consistían en 8 muestras aplicadas con una técnica digital, 8 a pincel y 1 de roca soporte sin capa pictórica (Figura 39).²² Antes de pasar a los resultados de los análisis ejecutados, es necesario destacar que la observación a 50X de estas micro-estratigrafías puede resultar engañosa, sobre todo en relación al espesor del estrato superior, ya que la topografía de las muestras profunda al plano de exposición se transparenta a través de la capa de resina, generando la ilusión de un mayor grosor de la capa pictórica y de cierta continuidad. El examen a aumentos mayores, especialmente a 200X y 500X, permite individualizar el recubrimiento pictórico, rastrear su forma y analizar su distribución (Figura 40). A continuación, se describen los resultados obtenidos discriminados por técnica de aplicación.

²² En este trabajo no se incluyeron las muestras estarcidas debido a que, por la pandemia del COVID-19, fue imposible realizar su inclusión y análisis.

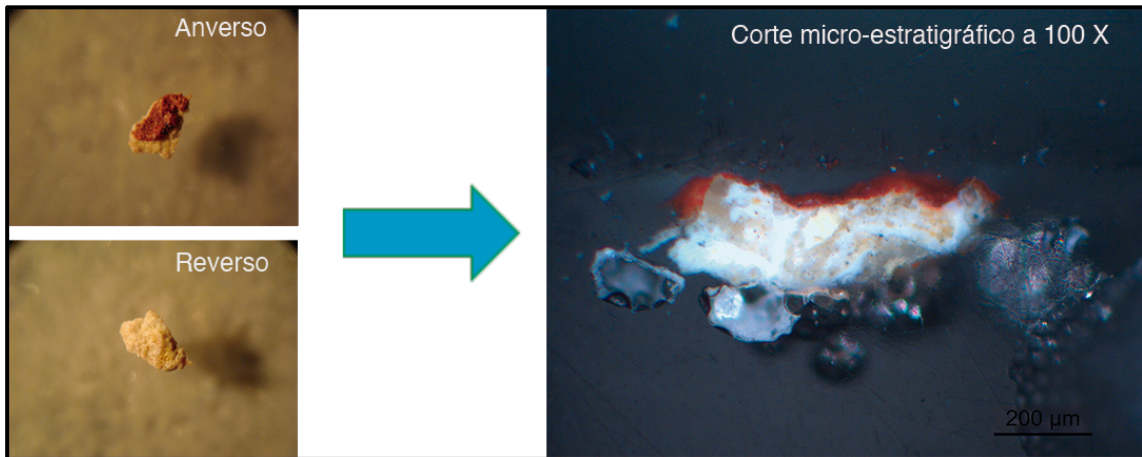


Figura 39: Proceso de inclusión. Esquema de fotografías mostrando las micrografías del anverso y reverso de la muestra RD1 antes de la inclusión y el corte micro-estratigráfico luego de la inclusión y el pulido a un aumento de 100X.

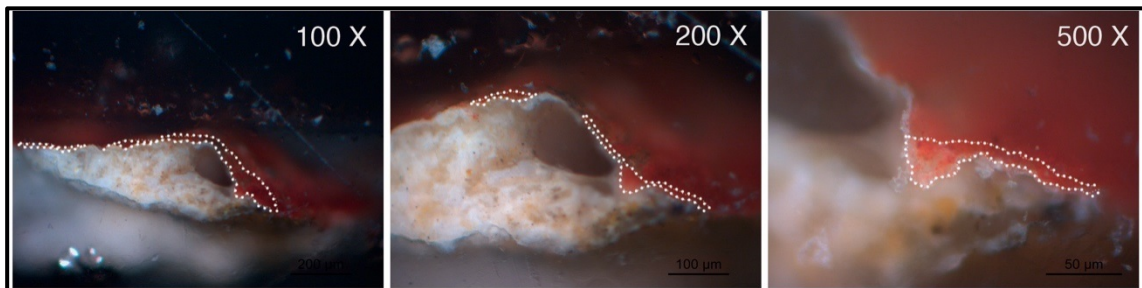


Figura 40: Secuencia de micrografías de la sección transversal de la muestra RP1 a 100 X, 200 X y 500 X. Se intervino digitalmente para señalar la dificultad de discernir los límites de la capa pictórica a distintos aumentos.

4.2.1 Roca soporte

La sección transversal de la muestra de roca soporte es de forma oblonga e irregular, con una matriz de color blanco con algunas zonas amarillentas. Presenta distintos tipos de inclusiones, la mayoría ocre-amarillas y una de gran tamaño, que ocupa más de la mitad de la sección, de forma irregular y aspecto opalino. La muestra permite complejizar la observación de las muestras blancas, evidenciando la dificultad de la interpretación de los estratos blancos en este tipo de soporte producto de las similitudes cromáticas entre los posibles estratos pigmentarios y las características de la roca (Figura 41).



Figura 41: Micrografía (50X) de la sección transversal de la roca soporte.

4.2.2 Muestras experimentales digitales

Se analizaron 8 muestras: ND1, ND2 (color negro); RD1, RD2 (color rojo) y BD1, BD1bis, BD2 y BD2bis (color blanco). En ninguna de las muestras blancas fue posible distinguir entre la roca soporte y la capa pictórica, por lo que no se pudieron analizar la mayoría de las variables propuestas en esos casos²³ (Figura 42, Figura 43 e Figura 44).

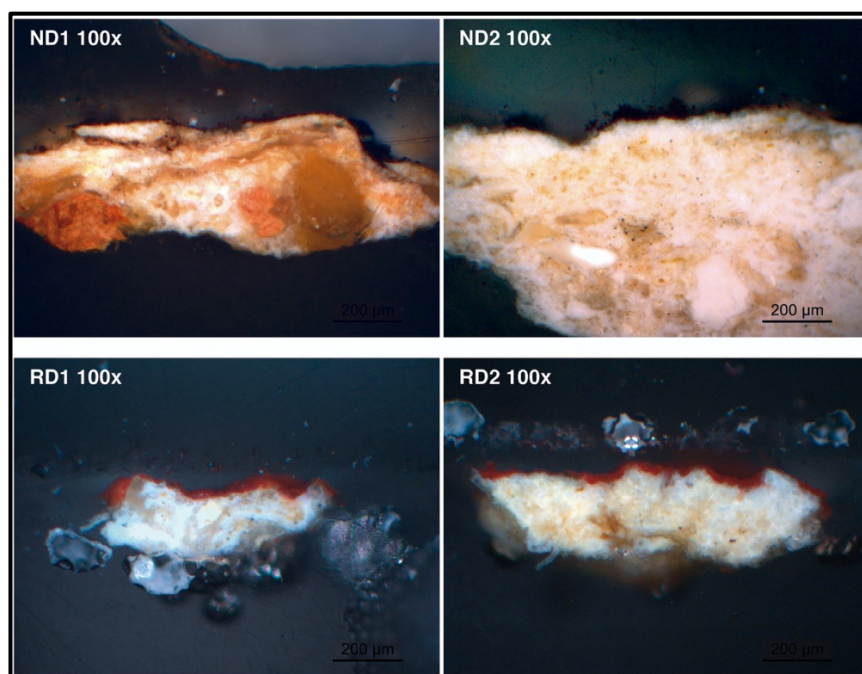


Figura 42: Micrografías a 100x de las muestras digitales experimentales negras (arriba) y rojas (abajo).

²³ Esto también ocurrió con las muestras experimentales a pincel blancas, con iguales consecuencias.

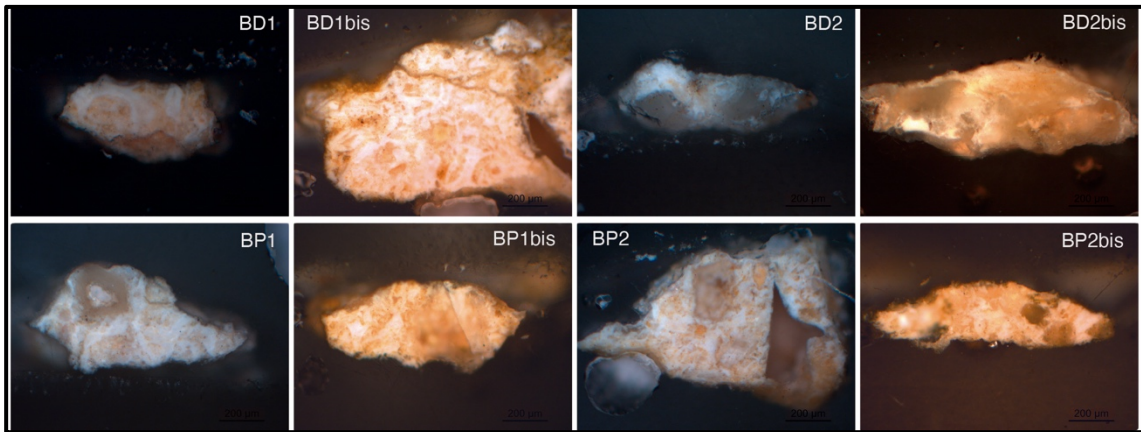


Figura 43: Micrografías de las secciones transversales de las muestras blancas, agrupadas por técnica de aplicación. En la fila superior se ubican las muestras digitales y en la inferior, a pincel. Todas fueron tomadas a 100X.

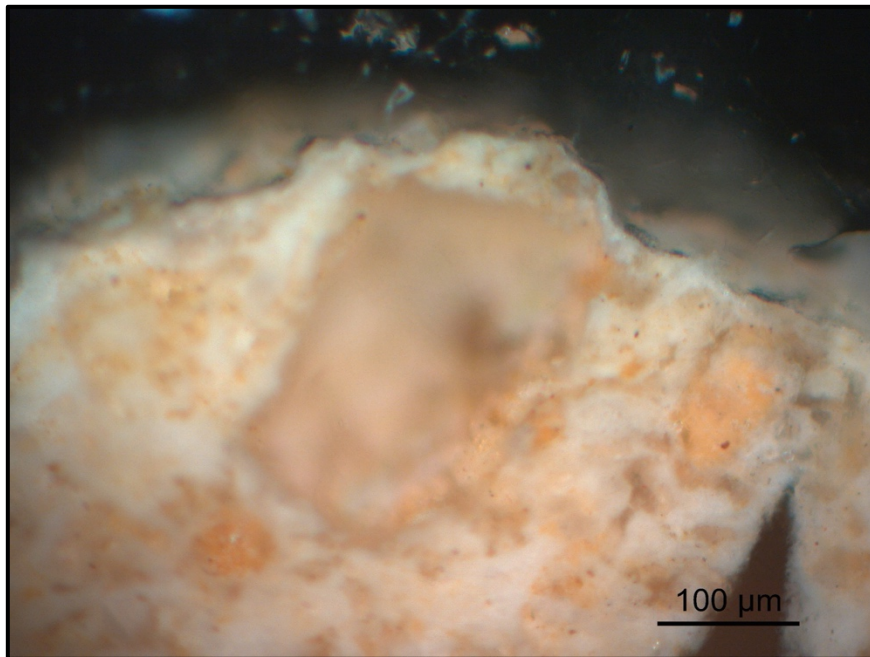


Figura 44: Micrografía de la sección transversal de la muestra BD2. Se observa la dificultad para distinguir entre capa pictórica y roca soporte debido a las características morfológicas similares.

a. Cantidad de estratos

La totalidad de las muestras experimentales presenta un estrato, ya que no fueron ejecutadas superposiciones.

b. Roca soporte

Es posible notar un aspecto general heterogéneo, de color blanquecino y con zonas de distintos grados de opacidad frente a la luz. Se ven frecuentemente gránulos e inclusiones blancas, ocres y anaranjadas, con algunos veteados. Como la probeta experimental se realizó sobre un mismo bloque de roca, todas las muestras experimentales presentan un soporte de características similares, más allá de pequeñas variaciones.

c. Color de la capa pictórica

Solamente se observaron dos colores, negro y rojo. El tono de cada uno es similar en todas las muestras del mismo color. A un aumento de 500X se percibe una heterogeneidad en las partículas del pigmento rojo, con predominio de una granulometría fina más clara y con algunas partículas de mayor tamaño, de un color rojo más oscuro (Figura 45).

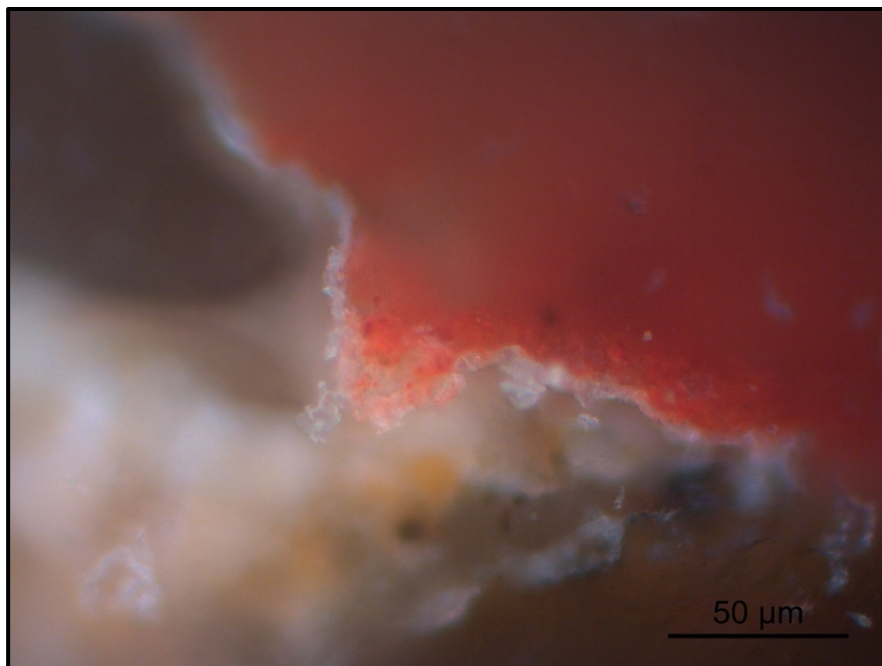


Figura 45: Micrografía de la sección transversal de la muestra RPI a 500X. Se observa la heterogeneidad en las partículas del pigmento rojo, con gránulos de mayor tamaño de rojo más oscuro y gránulos más finos predominantes.

d. Textura

En la totalidad de las capas pictóricas se observó una textura homogénea.

e. Granulometría

La granulometría se encuentra asociada al color, resultando fina para el rojo y media para el negro. Esto se debe a que fueron distintas mezclas pigmentarias, con diferentes materias primas y distintos tiempos de molienda. En el caso del color negro, se percibe claramente la estructura del carbón de origen vegetal, con forma de pequeñas laminillas (Figura 42 e Figura 46).

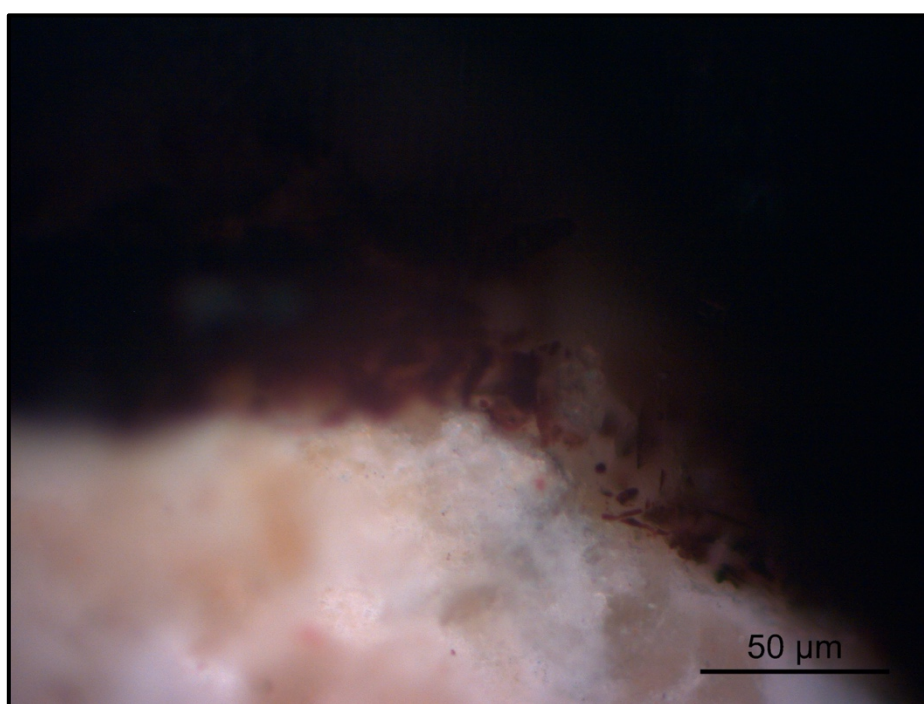


Figura 46: Micrografía (500X) de la sección transversal de la muestra NPI. Se observa la estructura del carbón vegetal y la poca adherencia de la capa pictórica al soporte.

f. Inclusiones

No se observaron inclusiones en las muestras experimentales.

g. Aspecto y forma de la capa pictórica

Se registraron algunas variaciones en el aspecto y la forma vinculadas a la mezcla pigmentaria. En el caso de las muestras de color negro se observaron más signos

de disolución de la capa pictórica, mostrando una menor adhesión. Por ende, en esas muestras la continuidad es menor y el aspecto es menos compacto. Por otro lado, las capas pictóricas rojas poseen una mejor adhesión y cohesión en apariencia, probablemente debido a la composición del mineral empleado como materia prima.

Con respecto al aspecto de la superficie de las capas, las muestras negras tienen un borde más irregular que las de color rojo, debido a la forma de las laminillas de carbón.

Las capas pictóricas se encuentran bien adaptadas a la forma de la roca soporte y parecería existir una tendencia a un mayor espesor de la capa en topografías más profundas del soporte, mientras que en zonas más superficiales o positivas sería más delgada.

h. Espesor promedio de la capa pictórica

La Tabla 14 muestra los resultados de las mediciones en las muestras digitales experimentales (ver Anexo B). El conjunto de promedios de espesor de estratos es pequeño ($n=4$), debido a la imposibilidad de medir las muestras blancas. Debido a ello, se decidió no realizar un diagrama de caja, ya que ese tratamiento estadístico es más acorde a conjuntos de mediciones mayores.

Se observa en general un conjunto de mediciones acotado, con un rango que abarca desde 10,5 micrómetros hasta 24,6 micrómetros. El valor promedio de la muestra es de 17,9 micrómetros, con una desviación estándar de 5,9 micrómetros y una mediana es de 18,3 micrómetros. Por ende, los valores del promedio y de la mediana para el conjunto de datos son muy cercanos y ambos son representativos para el mismo como medida de centro.

En principio, a partir de los datos obtenidos, no se observaría una relación directa entre espesor de estrato y dilución de la mezcla pigmentaria. Por ejemplo, en el caso de las muestras negras, la muestra con una concentración menor de pigmento (ND2) posee un espesor promedio mayor que la muestra negra de mayor concentración (ND1). En el caso de las muestras rojas sucede de manera inversa. Sin embargo, es necesario realizar mediciones en más muestras para poder confirmar esa ausencia de relación.

i. Desviación estándar y coeficiente de variación

Los coeficientes de variación son muy cercanos entre sí, con un rango desde 42,81% hasta 57,29 % y no parece relacionarse con el color de las capas pictóricas.

j. Porcentaje de cobertura

Los porcentajes de cobertura presentan una mayor variabilidad, desde un 54,03% hasta un 100%. Tienen una tendencia a ser de menor valor en las muestras de color negro, seguramente como consecuencia de la sensibilidad del estrato al agua. Se observa que los valores más altos corresponden a las mezclas pigmentarias con mayor concentración de pigmento, mientras que las mezclas de menor concentración presentan un porcentaje de cobertura menor.

4.2.3 Muestras experimentales a pincel

Se analizaron 8 muestras: NP1, NP2 (color negro); RP1, RP2 (color rojo) y BP1, BP1bis, BP2 y BP2bis (color blanco)²⁴ (Figura 47).

²⁴ Como ya se ha mencionado, en las muestras experimentales blancas no fue posible distinguir entre la capa pictórica y el soporte.

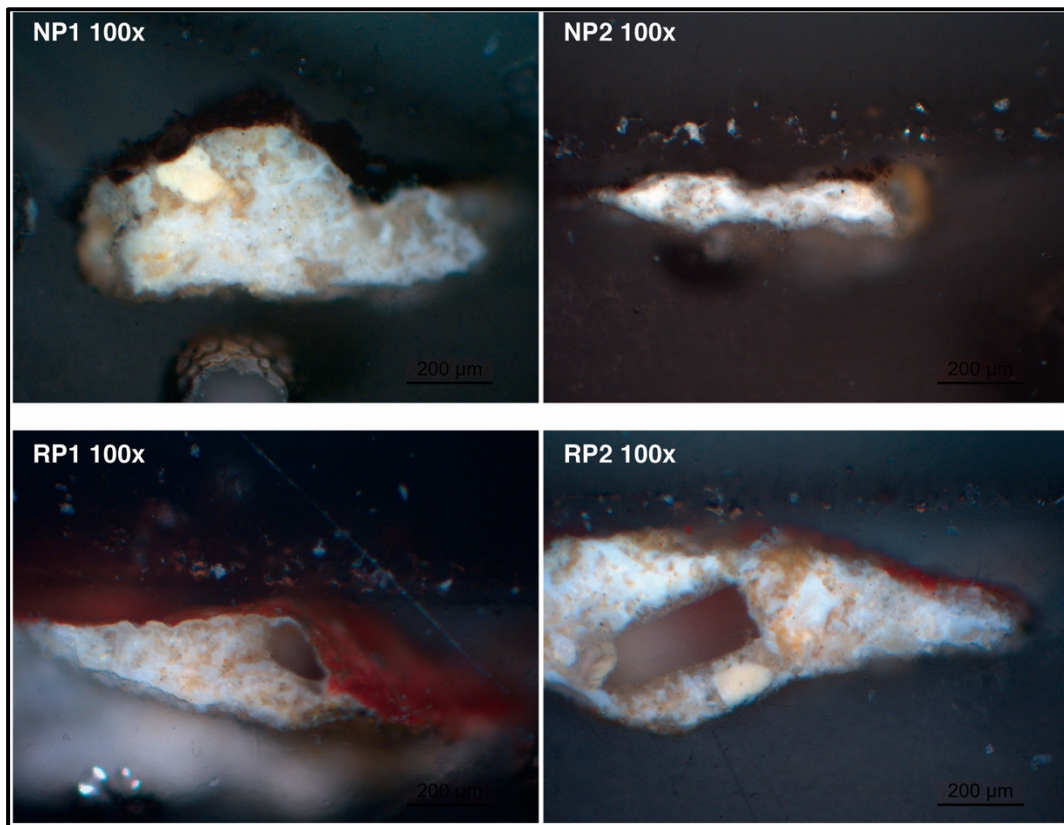


Figura 47: Micrografías a 100x de las muestras experimentales a pincel negras y rojas.

a. Cantidad de estratos

La totalidad de las muestras experimentales presenta un estrato, ya que no fueron ejecutadas superposiciones.

b. Roca soporte

Las muestras exhiben rocas soportes de características similares, lo que concuerda con que fueron realizadas sobre una misma laja de ignimbrita. Como se ha señalado, presentan un color blanquecino, con numerosas inclusiones y vetas de color ocre amarillento.

c. Color del estrato pictórico

Se observan dos colores, negro y rojo, correspondientes a las mismas mezclas pigmentarias utilizadas en las muestras experimentales digitales. Nuevamente, el color

rojo parece depender de la granulometría, siendo más intenso en gránulos de mayor tamaño. Las muestras blancas no pudieron analizarse, debido a que fue imposible distinguir entre estratos pictóricos y roca soporte.

d. Textura

Se registró una textura homogénea en la totalidad de las muestras.

e. Granulometría

Nuevamente, la granulometría se encuentra asociada al color, resultando fina para el rojo y media para el negro, ya que que fueron empleadas distintas mezclas pigmentarias, con diferentes materias primas y tiempos de molienda. También se distingue, a aumentos de 500x, la forma de las laminillas de carbón en las muestras negras.

f. Inclusiones

No se observan inclusiones en las muestras experimentales.

g. Aspecto y forma de la capa pictórica

Las muestras rojas poseen una buena cobertura del soporte, con un aspecto de aparente buena adherencia y cohesión, aunque en la muestra RP2 se observan más discontinuidades en la capa pictórica, que podrían deberse a la textura superficial dejada por la técnica de aplicación. Por su parte, las muestras negras presentan signos de ser sensibles al agua, que coinciden con las observaciones de las muestras digitales.

En general, se observa que las capas son bastante parejas a lo largo de su distribución, sin zonas específicas para la variación del espesor.

h. Espesor promedio de la capa pictórica

Los resultados de las mediciones de las muestras experimentales a pincel pueden verse en la Tabla 15 (Anexo B). En principio, se observa que el rango de espesores promedio abarca desde 6,0 micrómetros, hasta 50,2 micrómetros, menos acotado que en el caso de las muestras experimentales digitales. El espesor promedio del conjunto es de 22,6 micrómetros, con una desviación estándar de 19,2 micrómetros y una mediana de 17,1 micrómetros.

En este caso, no habría una relación directa entre espesor promedio de la capa pictórica y la dilución. Sin embargo, se observa que los valores son más altos en el caso de las muestras negras. Como en el caso de las muestras digitales, es necesario realizar mediciones en mayor cantidad de muestras para observar si esa tendencia es estadísticamente significativa.

i. Desviación estándar y coeficiente de variación

Los valores del coeficiente de variación se ubican entre un 24,32% y un 50,75%, con la mayoría de ellos distribuidos por debajo de un 35%. Esto se traduciría en espesores bastante regulares, especialmente en las muestras negras.

j. Porcentaje de cobertura

Con respecto al porcentaje de cobertura, abarca un rango desde el 27,45% hasta un 88,88%. En este conjunto, parece estar vinculado con la dilución, mostrando una menor cobertura en las muestras de mezclas pigmentarias más diluídas.

Capítulo 5: Discusión

En este capítulo se discutirán los resultados presentados en la sección anterior en relación con el problema de investigación y a los objetivos planteados en este trabajo. Primero, se realizarán comparaciones entre las muestras arqueológicas pertenecientes a las tres formas de aplicación estudiadas (digital, a pincel y estarcida) con el objetivo de estudiar las tendencias en su micro-morfología. Luego, se discutirán los resultados alcanzados en los grupos de muestras experimentales, que representan dos formas de aplicación diferentes, digital y a pincel. A continuación, se llevará adelante el análisis comparativo entre las muestras arqueológicas y las experimentales, para poder evaluar las potencialidades de este trabajo, sus limitaciones y puntos a profundizar.

5.1. Discusión sobre las muestras arqueológicas

En este trabajo se han analizado desde un punto de vista micro-morfológico 39 muestras extraídas de las pinturas rupestres de la localidad arqueológica La María. De ellas, como se ha explicado en el capítulo 3, 15 fueron registradas durante los trabajos de campo como digitales, otras 15 como aplicadas a pincel y 9 estarcidas. El estudio micro-morfológico a partir de las secciones transversales de las muestras se centró en seis variables cualitativas (descripción de la roca soporte, color, granulometría, textura, inclusiones y aspecto y forma de la capa pictórica) y cuatro cuantitativas (cantidad de estratos, espesor promedio, coeficiente de variación y porcentaje de cobertura). En los resultados se presentaron las principales tendencias características en cada conjunto, tanto en las variables cuantitativas como en las cualitativas. En esta sección, en primer lugar se plantearán los aspectos en común en los tres grupos (digital, a pincel y estarcido), para luego profundizar en las diferencias entre ellos.

Es necesario tener en cuenta que la variabilidad en la morfología de las muestras arqueológicas es alta y se manifiesta, prácticamente, en todas las variables estudiadas. En ese sentido, al analizar los resultados obtenidos por técnica de aplicación (es decir, digital, a pincel y estarcido), se observan algunas tendencias mayoritarias, pero también numerosos casos que no responden a ellas. Antes que contraejemplos o excepciones, es

importante también **recuperar esta heterogeneidad dentro de cada conjunto como la expresión material de la complejidad y variabilidad de los procesos de confección de las pinturas.**

5.1.1 Comparación de las variables cualitativas

Dentro de las variables cualitativas existen algunas de comportamiento similar entre los tres conjuntos. La granulometría predominante en los tres grupos es la fina y fina-media, con casos minoritarios de granulometrías gruesas. Ello probablemente se deba a **procesos de producción que involucraron la molienda de las materias primas** en la mayoría de las mezclas pigmentarias empleadas en las muestras analizadas. Por otra parte, **la molienda no se habría diferenciado significativamente por técnicas, lo que sugiere que, incluso, se podrían haber procesado las materias primas y luego almacenado para diferentes usos independientemente del tipo de técnica de aplicación de los pigmentos que se utilizaría.** Esto es especialmente relevante si se tienen en cuenta los antecedentes etnográficos para la región, que refieren la recolección de tierras de colores y la confección de pastas *in situ* con grasa de choique, para luego ser utilizadas en la pintura corporal y de las viviendas tehuelches (Franchomme, 1991). Sin embargo, también hay que recordar que esas prácticas fueron descritas para momentos históricos relativamente recientes y que la confección de las pinturas rupestres de La María se remonta a miles de años atrás.

Por otro lado, **si bien fue postulado para el arte rupestre de la región el empleo de bases de preparación, preferentemente de yeso** (Aschero, 1985, 1988; Belardi *et al.*, 2000), **en ninguna de las muestras arqueológicas se encontraron estratos semejantes.** Según Aschero (1988), la preparación del soporte con yeso tendría funciones similares al estuco o al *intonaco* en la pintura mural tradicional (como la nivelación del soporte y regulación de la absorción, entre otras). Ello probablemente implicaría que, de existir, esos estratos de preparación serían de un espesor relativamente grueso y con un borde superior alisado. En algunas micro-muestras analizadas (por ejemplo, 415-1-124, 415-19-3 o 415-12-36) se detectaron superposiciones de estratos que no habían sido percibidas macroscópicamente en el momento de toma; sin embargo, parecen ser capas pictóricas o depósitos naturales. Esto sugiere que, inclusive en casos de encontrar estratos subyacentes blancos, se debería

indagar si forman parte de una base de preparación o si, por otra parte, constituyen una capa pictórica subyacente o un estrato de formación natural.

En cuanto a las muestras con superposición de estratos pictóricos, se observó como tendencia que los límites entre las capas son bien definidos. Ello se cumple para las tres técnicas de aplicación evaluadas, lo que indicaría que, **en general, las capas inferiores estaban secas cuando se realizaron los nuevos motivos**. Sin embargo, se desconoce la distancia cronológica entre cada evento de pintado, con lo cual no podemos evaluar si dicho secado fue premeditado antes de ejecutar un nuevo motivo o consecuencia involuntaria producto del tiempo transcurrido entre cada momento de confección.

El aspecto y la forma de la capa pictórica presentó algunas diferencias entre los grupos. **Varias de las muestras digitales poseen una superficie de la capa pictórica con perfil levemente ondulado, mientras que en las muestras estarcidas la tendencia es a un aspecto menos accidentado**. Por su parte, las muestras a pincel exhiben un aspecto más accidentado en relación con el color negro y la granulometría del pigmento, mientras que las capas pictóricas rojas serían más regulares.

Tanto en el conjunto de pinturas digitales como en el de pinturas a pincel se observaron **casos de estratos sensibles al agua**. La morfología de esas secciones transversales sugieren, al menos, dos posibles situaciones que pueden presentarse de forma separada o conjunta: 1) la pérdida de adherencia y cohesión del estrato durante la adhesión de la micro-muestra al soporte de inclusión; y 2) la sensibilidad del estrato al agua durante el pulido de la muestra y su disgregación. La primera situación sería responsable de las partículas "flotando" en la resina, como se observa en varias de las muestras. La segunda deja un aspecto particular en la sección transversal, donde se suele observar al estrato pictórico cubierto por resina, aunque se haya expuesto durante el pulido. Ello significa que el pulido disgrega esa capa pictórica, mientras que el remanente no expuesto del estrato permanece inalterado y se transparenta hacia el plano de sección. Estos problemas demandan mayor investigación y el desarrollo de distintas soluciones, tales como el pulido en seco de las muestras y alternativas de adhesión de las micro-muestras a la resina de inclusión.

5.1.2 Comparación de las variables cuantitativas

Otro punto para comparar es el espesor promedio de los conjuntos, teniendo en cuenta sus parámetros estadísticos (rango, media, mediana y desviación estándar) y su distribución. En la Figura 48 se observa la distribución de los valores del espesor promedio en los tres tipos de técnica de aplicación en forma de gráfico de caja, para facilitar su comparación. Para ayudar a la memoria, los valores se presentan en la Tabla 16 del Anexo B. Los valores de las muestras digitales fueron restringidos, dejando fuera a los valores atípicos para el conjunto. Ello significa que no serán tenidos en cuenta en el análisis comparativo de los espesores de los conjuntos, ya que esos valores (que corresponden a tres muestras) escapan a la tendencia general del conjunto. Sin embargo, ellos serán recuperados luego, desde otro punto de vista.

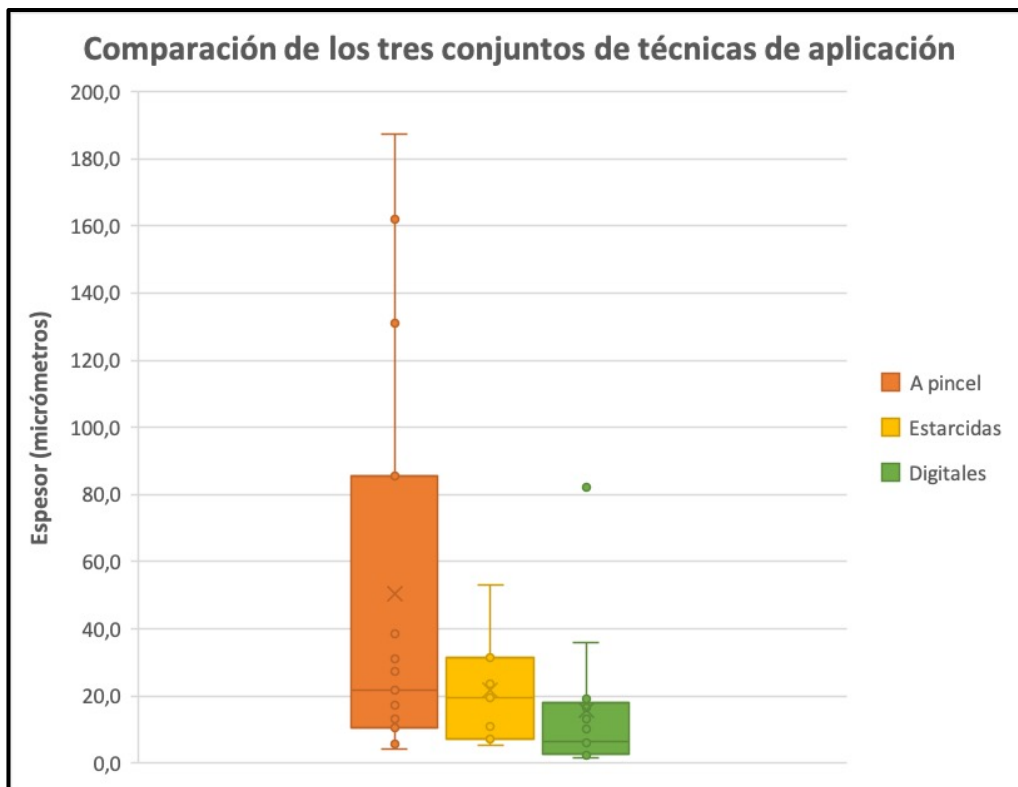


Figura 48: Diagrama de caja de espesores promedio en los tres conjuntos de técnicas de aplicación. Los puntos representan valores, las líneas dentro de las cajas corresponden a las medianas y las x representan los valores medios. El conjunto de muestras digitales se encuentra restringido (sin los valores atípicos).

Como se puede observar, **los valores máximos de los rangos de espesor varían de acuerdo con la técnica**. En orden decreciente son: 183,0 micrómetros (a pincel),

47,7 micrómetros (estarcido) y 34,3 micrómetros (digital). De lo anterior se desprende **que los conjuntos de muestras estarcidas y digital tienen un rango mucho más acotado que las muestras a pincel** (por ejemplo, el rango de las muestras a pincel es casi 4 veces el de las muestras estarcidas). Quizás esto implique que el proceso de estarcido y el digital restringido son más regulares o admite menos variaciones que la técnica a pincel. En ese sentido, esa técnica presentaría otros factores de variación, como el tipo de pincel empleado. La desviación estándar sigue el orden del rango, coincidiendo como medida de dispersión; cabe destacar que, en el caso de las muestras a pincel, el valor de la desviación estándar es mayor al valor de la media.

Por otra parte, los valores máximos se observan en los valores atípicos de las muestras digitales y en las muestras a pincel. Si bien es necesario ampliar la cantidad de muestras analizadas, especialmente en las estarcidas, se podría inferir que algunos de los procesos de **producción de las pinturas digitales y a pincel permitieron o favorecieron la creación de capas pictóricas de gran espesor**, que permanecieron con buena adhesión al soporte a través del tiempo. Mientras tanto, los procesos implicados en la producción de las muestras estarcidas habrían estado orientados a otra intención, probablemente relacionada con la buena cobertura del soporte mediante una mezcla pigmentaria que permitiera su aspersion bucal. Por otra parte, la técnica digital permitiría alcanzar espesores muy delgados, que se ven reflejados en los parámetros estadísticos presentados para el conjunto.

Con respecto a los valores de la media para cada conjunto, ellos varían de acuerdo con la técnica de aplicación. En orden decreciente son: a pincel (50,3 μ m), estarcido (21,6 μ m) y digital (10,3 μ m). Se observa que, a pesar de no presentar valores atípicos, **el conjunto de pinturas a pincel tiene un espesor promedio mayor al de todos los otros**. Sin embargo, como se ha señalado en la metodología, la media como parámetro de tendencia central puede ser muy sensible a los valores extremos y a distribuciones sesgadas, prefiriéndose a la mediana en estos casos. Para estos conjuntos, las medianas son, en orden decreciente: a pincel (21,6 μ m), estarcidas (19,4 μ m) y digital (6,4 μ m). **Estos parámetros permitirían diferenciar, de forma estadísticamente significativa, entre pinturas a pincel y estarcidas de las pinturas digitales.**

Una de las formas para comparar los distintos conjuntos de mediciones es mediante pruebas estadísticas, que permiten inferir la probabilidad de que las muestras

estudiadas provengan de distintas "poblaciones". El autor de este trabajo no posee formación en estadística, lo que constituye una limitación en este punto. Sin embargo, a modo de una primera aproximación, se realizó una prueba t de Student, teniendo en cuenta que la distribución de los valores de espesor en cada conjunto son relativamente cercanas a distribuciones normales. El objetivo de dicha prueba era evaluar si las diferencias de espesor entre los diferentes conjuntos de muestras arqueológicas son significativas. **Los resultados de estos cálculos indican que se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las medias del espesor de las muestras a pincel y digitales²⁵ con un grado de significancia mayor al 95%, pero no entre los otros grupos entre sí** (o sea, entre los conjuntos a pincel y estarcido, y digital y estarcido). Más allá del carácter inicial de esta aplicación, a futuro es necesario profundizar en el conocimiento de herramientas estadísticas sólidas que permitan comparar los distintos grupos.

Como se ha comentado en los resultados, los coeficientes de variación cuantifican la variación de espesor del estrato estudiado a lo largo de la sección transversal. Esto significa que a un porcentaje mayor le corresponde una mayor variación, mientras que un porcentaje menor indica estratos más regulares. En los tres conjuntos estudiados se observan valores promedio similares (Tabla 17 en Anexo B). Con respecto al rango de estos coeficientes, son parecidos en las muestras digitales y a pincel, pero más acotados en las muestras estarcidas, lo que indicaría una **tendencia a estratos más regulares en su espesor en el último conjunto.**

Por otra parte, los valores promedio de los porcentajes de cobertura muestran una **mejor cobertura o continuidad de la capa pictórica analizada en las muestras a pincel y estarcidas, mientras que las digitales tienden a ser menos continuas.** Los rangos también son similares en los conjuntos a pincel y estarcidos, mientras que en las digitales son mayores, incluyendo muestras con un porcentaje bastante bajo. Sin embargo, en los tres grupos existen valores del 100% o muy próximos, lo que implicaría que **una cobertura total no es característica de ninguna técnica de aplicación en particular.**

²⁵ Prueba t de Student para dos muestras suponiendo varianzas desiguales, a dos colas, con valor de p menor a un 0,05%. Los estadísticos se calcularon mediante el software Microsoft Excel.

5.2 Discusión sobre las muestras experimentales estudiadas

Para comenzar, es preciso señalar que las experimentaciones realizadas en el laboratorio tuvieron varias limitaciones. En primer lugar, como ya se ha explicado, se realizaron probetas experimentales de tres técnicas de aplicación (digital, a pincel y estarcido), pero no se pudo analizar la técnica de estarcido. En segundo lugar, si bien las materias primas empleadas responden a los análisis químicos efectuados (tanto en el estudio de las pinturas rupestres de La María, como en el análisis de posibles fuentes pigmentarias) (Frank *et al.*, 2020; Mastrángelo *et al.*, 2017), se han empleado mezclas pigmentarias reducidas a la combinación de los pigmentos y agua.²⁶ Esto es una limitación importante, ya que otros materiales (como los aglutinantes y las cargas) tienen un impacto directo en las características físico-químicas de las pinturas y, por ende, en su micro-morfología. Por otra parte, las herramientas empleadas en la confección de las probetas tampoco fueron estrictamente acordes al registro arqueológico, siendo éste un aspecto a mejorar en futuras investigaciones.²⁷

Otro aspecto limitante es la cantidad de micro-muestras experimentales analizadas por cada técnica de aplicación. Para lograr inferir las características de esos conjuntos, sería necesario ampliar el número de micro-muestras estudiadas y evaluar cómo ello incide en las variables consideradas. No obstante, también implicaría un costo mayor, tanto en tiempo como en recursos materiales y humanos, que deberá ser considerado en investigaciones futuras.

Más allá de esas limitaciones, la experimentación permitió realizar distintas observaciones, que se detallan a continuación.

²⁶ Como se ha explicado en la metodología, la razón de esta "reducción" en los componentes de las mezclas pigmentarias se debe a que todavía no se conocen los compuestos orgánicos empleados en la producción de las pinturas rupestres de La María.

²⁷ Por ejemplo, la molienda fue ejecutada en un mortero moderno, así como el pincel empleado en la confección de la probeta. Si bien en las investigaciones arqueológicas de La María no se ha encontrado evidencia material de cómo eran los elementos intermediarios que se podrían haber empleado en la producción de las pinturas rupestres (como pinceles e hisopos), sí se han hallado en excavaciones en otros sitios de la Patagonia (Blanco, 2015).

5.2.1 Aspectos en común entre las muestras experimentales digitales y a pincel

Al haber sido empleadas las mismas mezclas pigmentarias para cada color, la micro-morfología de las muestras comparte características similares en muchas variables. **Color, textura, granulometría y la presencia de inclusiones dependen, en gran medida, de los procesos de manufactura de las mezclas pigmentarias que, en estos casos, fueron iguales para todas las muestras de cada color** evaluado (negro, blanco y rojo). La única variación radicaba en la diferente técnica de aplicación y, por ende, se explican los aspectos en común de acuerdo con los distintos colores. Esta observación, realizada en el marco de una experimentación controlada, **apoya la relevancia de aquellas variables para el estudio de potenciales diferencias entre mezclas pigmentarias** y valida la metodología propuesta para el análisis morfológico de las mezclas pigmentarias de pinturas rupestres (Gheco *et al.*, 2020).

Debido a lo aclarado en el punto anterior, a continuación se aclaran los aspectos en común entre muestras de la misma mezcla pigmentaria. En el caso de las **muestras experimentales de color negro**, independientemente de la técnica de aplicación, exhiben una granulometría media, donde se percibe la morfología del carbón vegetal molido. La textura de las capas pictóricas es homogénea y su límite superior tiene un aspecto levemente irregular, debido a las laminillas del carbón. En todas estas muestras se observaron problemas de adherencia entre la capa pictórica y el soporte, así como de cohesión, probablemente causados por la ausencia de un aglutinante en la mezcla pigmentaria. Las capas pictóricas negras fueron altamente sensibles al agua y al proceso de inclusión, siendo disgregadas en gran parte tanto por el pegado de la muestra a la resina, como por el pulido posterior.

Por su parte, las **muestras experimentales de color rojo** presentan una granulometría fina y la intensidad del color se ve asociada al tamaño de los gránulos, siendo más intensa en los de mayor tamaño. Las capas pictóricas tienen una textura homogénea y un aspecto general más conservado que las capas negras experimentales, mostrando una mejor cohesión y adhesión al soporte. Si bien la mezcla pigmentaria fue disuelta en agua, sin agregados de aglutinantes, **la presencia de arcillas en los resultados químicos de las posibles materias primas (Mastrángelo *et al.*, 2017) podría mejorar sus condiciones como material pictórico**. Ello coincide con el

comportamiento de la materia prima molida durante la confección de la probeta al ser hidratada, que desarrolló una buena capacidad cubritiva y cierta plasticidad, como sucede al hidratar materiales arcillosos.

Por último, en las **muestras blancas experimentales** fue imposible realizar el análisis micromorfológico debido a que no se logró distinguir la capa pictórica de la roca soporte. En estos casos, a pesar de saber cómo se había producido la probeta experimental y de haber controlado su aplicación, ello no se reflejó en la sección transversal. Esto expone la relevancia de investigar en profundidad las micro-muestras con distintas metodologías para lograr observar aquellos elementos morfológicos que, en principio, no aparecen. También, nos previene de la **necesidad de adoptar una actitud crítica al momento de evaluar las morfologías de las micro-estratigrafías**, ya que los errores en la interpretación de ellas repercuten en la información obtenida, tanto en esta instancia, como en etapas de análisis posteriores. Quizás sea necesario ahondar en el examen con otras fuentes de luz (como la ultravioleta) o en otros métodos de inclusión y preparación de las muestras.

5.2.2 Diferencias entre las muestras experimentales digitales y a pincel

Las muestras experimentales digitales presentan capas pictóricas bien adaptadas a la topografía de la roca soporte. Parecería existir una **tendencia a un mayor espesor del estrato pictórico en las zonas más deprimidas del soporte** (es decir, en los huecos de la superficie de la roca), mientras que en las zonas de relieves positivos el espesor disminuiría. Aunque sería necesario ampliar el número de muestras analizadas para examinar esta tendencia, ello podría deberse a la forma de aplicación digital, que implica el arrastre de mezcla pigmentaria con las yemas de los dedos por la superficie de la roca. Esto conlleva el ejercicio de cierta presión, que favorecería el ingreso de la pintura a los intersticios de la superficie rocosa, mientras que distribuiría con facilidad la pintura en las zonas más elevadas de ella (por ejemplo, en las crestas).

En cambio, **las muestras experimentales a pincel exhiben capas pictóricas con un aspecto más regular**, sin un patrón específico para variaciones del espesor. Quizás eso se deba a una distribución más pareja de la mezcla pigmentaria con este elemento intermediario. Como en el punto anterior, es necesario analizar desde una

perspectiva micro-morfológica más muestras para poder extraer conclusiones de mayor solidez.

5.2.3 Comparación de variables cuantitativas entre las muestras experimentales

Las variables cuantitativas en las muestras experimentales poseen una limitación vinculada al número de muestras estudiadas. Debido a que las muestras de color blanco no pudieron ser analizadas, solamente existieron 4 muestras por conjunto, por lo cual estos parámetros podrían presentar errores producto de esta limitación. Sin embargo, se procederá a compararlos, para observar las tendencias en cada conjunto y si existen diferencias entre ellos.

En primer lugar se analizarán los valores de espesor promedio de la capa pictórica (Tabla 18 en Anexo B). En ambos casos, muestras experimentales digitales y a pincel, los valores medios son cercanos entre sí, siendo de 17,9 micrómetros y 22,6 micrómetros respectivamente. Sin embargo, el rango (es decir, la distancia entre el valor mínimo y máximo) es considerablemente mayor en las muestras a pincel, resultando más de tres veces el valor del rango de las digitales. Ese aumento en la dispersión de los valores también se refleja en la desviación estándar, que sigue una tendencia similar a la descrita para el parámetro anterior. Por otro lado, los valores de la mediana son muy similares entre sí, lo que no permitiría diferenciar los conjuntos con las muestras analizadas. De lo anterior se desprende que, en principio, **no sería posible diferenciar estos conjuntos experimentales mediante el análisis del espesor promedio de la capa pictórica, aunque existe una mayor variabilidad representada por el rango y la desviación estándar en las muestras a pincel.**

En segundo lugar, el análisis de los porcentajes de cobertura y de los coeficientes de variación indica que **las muestras digitales experimentales tienden a presentar capas pictóricas con una mayor cobertura y menor regularidad del espesor que en las muestras a pincel** (Tabla 19 en Anexo B). Sin embargo, las diferencias en los valores no son tan marcadas, correspondiendo a un 15% en ambos casos, aproximadamente. Cabe recordar que la morfología de estas muestras se vio ampliamente afectada por la solubilidad en agua de los estratos pictóricos y su impacto en la inclusión y pulido de las mismas.

5.3 Comparación de muestras arqueológicas y experimentales

En este último apartado, se compararán las muestras arqueológicas y las experimentales, teniendo en cuenta las tendencias detalladas, tanto en las variables cualitativas, como en las cuantitativas. Solamente se considerarán los conjuntos digitales y a pincel, ya que no fue posible analizar las muestras estarcidas experimentales.

5.3.1 Variables cualitativas

Con respecto a las variables cualitativas consideradas, se han encontrado muchas diferencias entre las muestras arqueológicas y las experimentales. **La experimentación permitió observar que la mayoría de las variables cualitativas (granulometría, color, presencia de inclusiones y textura) parecen depender directamente de las mezclas pigmentarias utilizadas y de sus procesamientos**, ya que todas ellas variaron únicamente en función de ello y no de las técnicas de aplicación utilizadas. Este resultado es importante, ya que es un disparador de reflexión ante la gran diversidad que esas mismas variables presentan en las muestras arqueológicas, inclusive dentro de cada conjunto asignado a una técnica de aplicación.

Por el contrario, el aspecto y forma de las capas pictóricas analizadas podría ser una variable indicativa de las distintas técnicas de aplicación. Dentro de las muestras arqueológicas se han observado indicios de que **la técnica digital favorecería una superficie irregular** probablemente asociada a la presión que realizan las yemas de los dedos al arrastrar la mezcla pigmentaria sobre la roca soporte. **La técnica de estarcido directo por aspersion bucal resultaría en estratos pictóricos menos accidentados**, ya que no habría elementos intermediarios y dependería de la pericia técnica de le artista. Por último, **la técnica a pincel presentaría una mayor variabilidad entre muestras en relación con esta variable, debido a que entrarían en juego una potencial diversidad de elementos intermediarios utilizados** (pinceles, hisopos y/o vellones) y los gestos técnicos empleados. Por su parte, esta misma variable estudiada en las muestras experimentales digitales tiende a una distribución irregular de la pintura en el perfil de las mismas, probablemente debido a las mismas razones que en las muestras digitales arqueológicas. Las muestras experimentales a pincel, en cambio, presentan una tendencia a capas pictóricas más regulares, lo cual se condice con el

empleo de un mismo instrumento de aplicación para la confección de las probetas. Este punto, por contraposición, podría ser otro argumento para interpretar la variabilidad de las muestras arqueológicas a pincel como un indicio del empleo de diversos instrumentos. Como puede observarse, **la variable “aspecto y forma de la capa pictórica” tiene un comportamiento similar en ambos grupos, arqueológico y experimental, y podría ser útil para inferir las técnicas de aplicación.** Sin embargo, las diferencias no son tan notorias como para ser detectadas fácilmente en todos los casos o, inclusive, podrían estar ausentes.

En relación con el punto anterior, es importante destacar que las discrepancias entre los resultados de las muestras arqueológicas y los experimentales indican que no son completamente compatibles. Esto se debe, probablemente, a que no conocemos la complejidad de todos los materiales y técnicas empleadas en el pasado para la confección de las pinturas, con lo cual la experimentación es necesariamente parcial y simplificada. Del mismo modo, en las muestras experimentales se ha llevado a cabo un control minucioso de las condiciones de aplicación pero no se han empleado técnicas que simulen envejecimiento, siendo éste uno de los factores que también podrían generar las diferencias advertidas entre las muestras arqueológicas y experimentales. Dichas diferencias entre ambos grupos estudiados permiten problematizar y estar atentos a los riesgos de las inferencias arqueológicas sobre las técnicas de aplicación.

La comparación de las muestras arqueológicas con las experimentales también permite identificar problemas que ambos grupos comparten. Entre ellos se encuentran la inclusión de micro-muestras con estratos sensibles al agua y la diferenciación entre soporte y capas pictóricas. La importancia de la detección de éstos radica en que, al no lograrse identificar claramente algunos estratos pictóricos y al perder información por el tratamiento de las muestras, posiblemente los análisis posteriores de esos materiales se verían afectados. Por otro lado, la sensibilidad al agua de estratos pigmentarios de las muestras arqueológicas estimula la indagación sobre la composición orgánica de ellos.

5.3.2 Variables cuantitativas

Con respecto a las variables cuantitativas, **los valores del espesor promedio de las capas pictóricas y sus parámetros estadísticos (media, mediana, desviación estándar y rango) permitieron diferenciar entre los conjuntos de muestras**

arqueológicas agrupadas por técnica de aplicación, aunque no fue así en las muestras experimentales. Ello puede deberse a distintas razones, como el reducido número de muestras experimentales analizadas, o la diversidad de materiales y procesos de producción reflejados en las micro-estratigrafías arqueológicas. Las medianas de los conjuntos experimentales digital y a pincel se acercan a las de las muestras a pincel y estarcidas arqueológicas, pero no a las digitales restringidas. Sin embargo, a pesar de presentar diferencias pequeñas, **se observó una tendencia a mayor espesor promedio y un mayor rango en las muestras a pincel, tanto en las arqueológicas como las experimentales.** A modo de hipótesis, los datos anteriores nos permiten plantear que **la técnica digital (considerando valores restringidos y los experimentales) tiende a generar estratos más delgados y con espesores más acotados que las muestras a pincel.**

Por otro lado, se ha observado que, en las muestras arqueológicas digitales (si se tienen en cuenta los valores atípicos) y a pincel, existe un mayor rango de variación del espesor de estrato, lo cual genera que en varios casos el espesor de la capa pictórica es varias veces mayor a la mediana de cada conjunto. Esto implicaría que a partir de estas técnicas de aplicación sería posible lograr pinturas rupestres con capas más delgadas o gruesas (a modo de "empastes"). No obstante, cabe **preguntarse sobre la existencia de variantes dentro de cada técnica de aplicación** que respondieran a estas diferencias, tanto en las pinturas digitales, como a pincel. Como se ha señalado, la categoría de "a pincel" abarca una potencial variedad de elementos intermediarios y gestos técnicos, que podrían incidir en las características morfológicas de las pinturas. Por su parte, podrían existir formas digitales que no solamente involucren el arrastre de la pintura con la yema de los dedos, sino también otras prácticas (como, por ejemplo, esparcir una masa de pintura con los dedos en movimientos no lineales o pintar digitalmente con varias manos de pintura). Estas variantes técnicas habrían involucrado, también, modificaciones en las mezclas pigmentarias, aspecto documentado en otros sitios arqueológicos (Gheco et al, 2020). Quizás, una mezcla pigmentaria aplicada con la yema del dedo sobre un soporte rocoso requeriría de ciertas cualidades específicas (viscosidad adecuada, fuerte desarrollo de adhesión al soporte, buena cohesión, etc.) para lograr un estrato pictórico tan grueso como algunos de los observados. Por lo tanto, todas esas cualidades habrían sido logradas gracias a la cuidadosa elección de las

materias primas, sus procesamientos, la confección de las mezclas pigmentarias y la elección de una técnica de aplicación acorde.

Por otra parte, esos resultados invitan a indagar en la metodología utilizada para el relevamiento macroscópico de las técnicas de aplicación y sus limitaciones a la hora de establecer los distintos conjuntos. La experimentación permitió tener la certeza de cómo habían sido aplicadas las mezclas pigmentarias en las muestras estudiadas; mientras tanto, en las muestras arqueológicas, se partió del supuesto de que la identificación macroscópica ejecutada *in situ* fuese correcta y que los motivos relevados correspondieran, efectivamente, a las técnicas indicadas. Sin embargo, tanto los valores atípicos, como la diferencia de los resultados experimentales con los arqueológicos, también podrían señalar la **necesidad de problematizar dicha identificación macroscópica e, inclusive, de investigar experimentalmente sobre variantes técnicas** (por ejemplo, pintura con crayones, efectos de distintos tipos de pinceles, hisopos y vellones, aplicación palmar, arrastrado de la pintura, entre otros) **y sus consecuencias para la observación directa in situ.**

Con respecto a las muestras estarcidas, ellas poseen un rango de espesor de estrato acotado aunque un poco mayor al de las muestras digitales con restricción, así como una tendencia a la regularidad. Es posible pensar que las características de las mezclas pigmentarias y de la técnica de aplicación por estarcido directo hayan sido responsables del resultado final. **Quizás la aspersion bucal directa y las propiedades físico-químicas de las mezclas pigmentarias utilizadas para tal fin dificulten la creación de estratos pictóricos de espesor elevado**, aunque ello debe ser investigado experimentalmente.

En relación con los coeficientes de variación, estos fueron similares en las muestras arqueológicas digitales y a pincel, pero en las estarcidas fueron más acotados, indicando estratos más regulares. Esto podría deberse a la ausencia de elementos intermediarios en el estarcido directo y a una buena aspersion de la pintura. Por su parte, en las muestras experimentales se observaron diferencias en esa variable entre los conjuntos digitales y a pincel, con las primeras menos regulares que las segundas. Quizás ello se deba al número reducido de muestras o, también, a la alteración morfológica ocasionada por la sensibilidad al agua de los estratos experimentales. Cabe

destacar que las muestras experimentales digitales tuvieron un rango en esta variable mucho más acotado que las arqueológicas.

Por último, los porcentajes de cobertura presentan valores medios y rango similares en las muestras arqueológicas a pincel y estarcidas, mientras que las digitales poseen una media más baja y un rango más extenso. Mientras tanto, en las experimentales la tendencia es inversa, con una media de cobertura más baja y un rango más extenso en las muestras a pincel. Esto puede estar influenciado por los mismos factores mencionados para los coeficientes de variación y requiere mayor investigación. Cabe destacar que en las muestras arqueológicas y en las digitales experimentales se registraron porcentajes de cobertura del 100% o muy cercanos, lo que **sugiere que ninguna de las formas de aplicación estudiadas es excluyente para lograr una capa pictórica de excelente continuidad**, al menos desde un punto de vista microscópico.

Capítulo 6: Conclusiones

En este capítulo final, se presentan las conclusiones ordenadas en dos conjuntos que podríamos definir como histórico-arqueológicas, en referencia a aquellas que se vinculan a un avance en el conocimiento específico sobre el arte rupestre de La María, y metodológicas-técnicas, cuyo valor se conecta con la exploración de un abordaje micro-estratigráfico para investigar las técnicas de aplicación de las pinturas rupestres y su utilidad podría trascender los estudios de esta localidad arqueológica en particular.

6.1 Conclusiones histórico-arqueológicas

A partir de esta investigación fue posible ampliar el conocimiento sobre las pinturas rupestres y las técnicas pictóricas de La María. **El análisis del espesor de estratos pictóricos y sus parámetros estadísticos permitió observar diferencias entre las muestras provenientes de pinturas con distintas formas de aplicación, situación detectada en las muestras arqueológicas y confirmada, luego, en las réplicas experimentales.** Estas diferencias son estadísticamente significativas para las muestras a pincel y digitales, lo que implica una tendencia en el primer grupo a capas pictóricas de mayor espesor promedio y a una mayor dispersión de los valores. Por otro lado, las muestras digitales tienden a un espesor de estrato menor y a una menor dispersión. Las muestras estarcidas se encuentran en un intermedio entre ambos grupos, aunque se caracterizan por una mediana cercana a las muestras a pincel y una dispersión mucho menor de los valores de espesor. Esta variabilidad en los espesores, también observadas en las muestras experimentales a pincel y digitales, sería el correlato material de las variaciones en las técnicas pictóricas entre los distintos conjuntos. A grandes rasgos, **las técnicas a pincel poseerían una mayor variabilidad a causa de los distintos elementos intermediarios utilizados para aplicar la pintura; en las muestras digitales, en cambio, la aplicación de las mezclas pigmentarias con las yemas de los dedos requiere de una presión que favorecería un menor espesor de los estratos.** Por su parte, la técnica de estarcido directo implica la aspersion bucal de la mezcla pigmentaria sobre el soporte, sin elementos intermediarios y con una pintura de consistencia apropiada para ello.

Más allá de las tendencias, también se recuperan casos minoritarios o aparentemente excepcionales que también poseen relevancia para el estudio de las técnicas. En las muestras arqueológicas digitales se hallaron valores atípicos para el espesor de estrato, que representan 1/5 de los casos estudiados. En las muestras a pincel también fueron registrados valores de espesores muy altos, aunque se encontraban dentro de los límites calculados para los valores típicos. Ambas situaciones señalan la presencia de **muestras con capas pictóricas que podrían haber sido producidas con variantes de las técnicas pictóricas, que permitieran la aplicación a modo de "empastes"** y la adhesión de estratos gruesos a soportes pétreos. Los resultados de las muestras experimentales, realizadas utilizando una misma variante técnica en cada caso, no presentan tal rango de espesores, lo que implica que probablemente se hayan empleado diferentes técnicas pictóricas para los casos arqueológicos. Creemos que el rol del aglutinante, así como las cargas y aditivos, habría sido fundamental en estas variantes para lograr los resultados mencionados.

Por otro lado, el análisis del porcentaje de cobertura permitió observar que, si bien existen diferencias entre los distintos conjuntos, las tendencias indican una menor cobertura en las muestras digitales arqueológicas que no se condice en las experimentales. Sin embargo, un punto relevante es que en todos los grupos de muestras arqueológicas y en las muestras digitales experimentales se han observado casos con cobertura total o casi total. Esto indicaría que **las tres formas de aplicación estudiadas permiten la creación de capas pictóricas continuas, al menos desde un punto de vista microscópico.**

Por otro lado, el estudio de las distintas variables microscópicas permitió **observar en las muestras arqueológicas una diversidad morfológica mayor a la perceptible desde un punto de vista estilístico y macroscópico.** Cada microestratigrafía es única, como lo es cada motivo del que fue extraída la muestra correspondiente. En ese sentido, las distintas combinaciones de texturas, inclusiones, colores y granulometrías son las huellas materiales de procesos de producción complejos, que requieren de investigaciones arduas para lograr ser esclarecidos. Como lo han advertido otras investigaciones (Gheco *et al.*, 2020; López Montalvo *et al.*, 2017), existe una complejidad inherente a la producción de cada una de esas pinturas, que trasciende la posibilidad de considerar aspectos independientes (como la forma de aplicación) y nos enfrenta a complejas redes de producción, que habrían involucrado

agentes, materiales y técnicas con *affordances* específicas, intenciones, saberes, prácticas y usos, entre muchas otras cosas (Fiore, 2018, 2020; Troncoso *et al.*, 2020). Además, es preciso señalar que la contrastación entre los resultados experimentales y el análisis arqueométrico de las muestras arqueológicas presenta discrepancias que, como se ha mencionado, apoyan **una diversidad mayor de técnicas de aplicación que la esperada en la clasificación tripartita** empleada. No obstante, en esta investigación se **observó una tendencia general a granulometrías finas y medias, que podría indicar la molienda de las materias primas en conjunto y la posibilidad de que esos pigmentos molidos fueran, luego, empleados en distintas actividades**. De ser así, ello permitiría vincular los procesos de producción de las pinturas rupestres con otras cadenas productivas, tales como las involucradas en la pintura corporal y de múltiples objetos (cerámicas, maderas, cueros, etc.). La alta movilidad de materiales en la localidad estaría también apoyada por los antecedentes etnográficos (Aguerre, 2000; Franchomme, 1991) y el hallazgo de manganeso en las pinturas rupestres negras, ya que, de acuerdo con el conocimiento arqueológico actual, es un elemento alóctono al área (Frank *et al.*, 2020). Por supuesto, todas estas posibilidades requieren un estudio detallado y, por ahora, permanecen como hipótesis.

Con respecto a la morfología de las capas pictóricas estudiadas, se han observado en las muestras arqueológicas algunos indicios –advertidos en las muestras experimentales– que podrían ayudar a detectar las formas de aplicación de la pintura. Las muestras digitales tienden a una mayor irregularidad morfológica, particularmente en el borde superior de la capa pictórica, mientras que las estarcidas son más regulares en su aspecto. Por otra parte, en las muestras a pincel se observa una mayor diversidad. **La forma del borde superior podría ser, entonces, un punto para tener en cuenta para diferenciar posibles técnicas de aplicación, especialmente entre digitales y estarcidas**. En relación con la morfología de la interfase entre capas pictóricas en las superposiciones, se observó una tendencia a límites definidos, lo que indicaría que **las pinturas fueron aplicadas sobre capas pictóricas secas**. Si bien es necesario ahondar en la cronología de cada evento de pintado, esto significaría que, en casos de ejecución relativamente sincrónica de los motivos, se habría esperado al "secado" de la pintura subyacente. En principio, esto descartaría procesos de producción con técnicas pictóricas similares "*al fresco*" (Aschero, 1988).

Otro punto relevante que arroja el análisis micro-estratigráfico de las muestras arqueológicas es la **ausencia de evidencias sobre bases de preparación**. Si bien la preparación de soportes con yeso u otros materiales fue planteada para el arte rupestre de la Patagonia (Aschero, 1985, 1988; Belardi *et al.*, 2000), en ninguna de las 39 muestras de pinturas rupestres estudiadas se han observado estratos semejantes. Cabe destacar que el muestreo diseñado por el Dr. Ariel Frank cubre tanto motivos abstractos como figurativos, de diferentes colores, provenientes de distintos sitios arqueológicos, y abarca los grupos estilísticos presentes en la localidad; por ende, comprende una variedad estilística y cronológica en la que probablemente deberían haberse observado estratos de preparación, de estar presentes. Si se considera que una de las funciones principales de la base de preparación es garantizar la adherencia de las pinturas al soporte, esta investigación permite problematizar dicho supuesto o bien plantear que tal función podría haber sido conseguida de otra forma, ya que **este arte rupestre milenario perduró hasta la actualidad sin un tratamiento semejante de la roca soporte**.

Por otro lado, la comparación entre los conjuntos arqueológicos y experimentales permitió, también, **identificar casos de estratos sensibles al agua y/o a la adhesión durante el procesamiento de las muestras en ambos grupos**. Este punto, más allá de ser relevante desde un punto de vista metodológico-técnico, dispara interrogantes sobre la composición química de las pinturas rupestres de La María. ¿Es posible que existieran pinturas aglutinadas con compuestos sensibles al agua o, en su defecto, simplemente disueltas en agua? Y, en el caso de que así fuera, ¿podrían haber perdurado tanto tiempo en sitios arqueológicos expuestos a distintos agentes de deterioro? Por otra parte, en los resultados de análisis químicos de muchas de las pinturas rupestres analizadas se ha encontrado yeso; sin embargo, en la experimentación, las mezclas pigmentarias solamente consistieron en los materiales cromógenos molidos y dispersos en agua, sin el agregado específico de cargas. Distintos autores han postulado el mejoramiento de las condiciones de adhesión de las pinturas y su perdurabilidad mediante la adición de estos compuestos, especialmente el yeso (Aschero, 1985; Belardi *et al.*, 2000; Iñíguez y Gradín, 1977; Paunero, 1992). ¿Podría, entonces, esta ausencia de aditivos y cargas contribuir, al menos de forma parcial, a la alta sensibilidad al agua y la poca cohesión de la mayoría de las muestras experimentales?

Las preguntas anteriores sirven de nexo con otros interrogantes relacionados con la composición química de las pinturas rupestres de La María. Con relación a ello, es **necesario avanzar y orientar los análisis de los compuestos inorgánicos a la investigación de las técnicas de aplicación, considerando la variedad de mezclas pigmentarias presentes**, para evaluar si existen relaciones entre los materiales empleados y cómo esas pinturas fueron realizadas. En ese sentido, creemos que mapeos elementales y moleculares por MEB-EDS y micro-espectroscopía Raman, entre otras técnicas, serían las mejores opciones. Sin embargo, **es preciso profundizar las investigaciones sobre la presencia de compuestos arcillosos, con técnicas analíticas sensibles a ellos, y evaluar su rol en las mezclas pigmentarias para el "mejoramiento" de sus condiciones como material pictórico** (tales como la capacidad cubritiva de la pintura o su adhesión al soporte). Sería óptimo emplear técnicas analíticas no-destructivas capaces de caracterizar estos compuestos arcillosos y de localizarlos empleando las mismas secciones transversales, tales como la micro-difracción de rayos X.

Por otro lado, también es importante volver a destacar que todavía no se conoce la composición orgánica de las pinturas rupestres de La María. **Avanzar en ese conocimiento**, por ejemplo, mediante análisis por cromatografía gaseosa con detección por espectrometría de masa, **permitiría vincular las diferencias estilísticas, micro-morfológicas y las técnicas de aplicación con el uso específico de determinados aglutinantes**. Ya que los materiales utilizados como ligantes afectan, en gran medida, las características de las mezclas pigmentarias, es esperable que una diversidad en esos compuestos resulte en distintas *affordances* tecnológicas, es decir en distintas propiedades de las mezclas percibidas por sujetos, que les permiten a éstos interactuar con ellas de una cantidad finita de formas (Fiore, 2020). La caracterización de la fracción orgánica de las pinturas también permitiría evaluar si los oxalatos de calcio hallados en los análisis químicos son de origen natural o si, por el contrario, fueron agregados intencionalmente a las mezclas pigmentarias. Cabe recordar que la presencia de oxalatos también podría originarse como producto del deterioro de aglutinantes como la savia de cactus, cuyo uso fue propuesto en distintos contextos arqueológicos (De la Fuente y Nazar, 2016).

Por último, otro aspecto a profundizar para avanzar en el conocimiento arqueométrico de las técnicas de aplicación de las pinturas de La María es el **desarrollo**

de planes experimentales más complejos, que consideren un mayor número de variables, para ahondar en los procesos de producción. Debería profundizarse la investigación en marcadores micro-morfológicos, mediante la comparación de una mayor variedad de muestras experimentales con las arqueológicas, para conseguir resultados de mayor solidez. La relevancia de ello radicaría en la posibilidad de identificar, en el futuro, las técnicas de aplicación de estratos subyacentes, tanto en casos de superposiciones detectadas en el relevamiento macroscópico de pinturas visibles, como en motivos ocultos a la observación directa *in situ*. Esto es particularmente relevante para La María, ya que existen sitios con paredes cubiertas de hollín, como La Cocina, donde es posible que existan motivos subyacentes u ocultos. Sin embargo, también **otras etapas de los procesos de producción podrían ser indagadas mediante experimentación, tales como la molienda o el tratamiento térmico de las materias primas.** Con respecto a esto último, es importante tener en cuenta algunos de los resultados químicos obtenidos, donde se observan en distintas pinturas de color rojo la presencia de anhidrita (sulfato de calcio anhidro) y *burnt sienna* (compuestos a base de hierro posiblemente termoalterados), que podrían indicar el tratamiento térmico (Frank *et al.*, 2020). En esos casos, la experimentación permitiría identificar indicadores micro-morfológicos que, luego, podrían ser buscados como indicios de esos procesos en las muestras arqueológicas.

Es importante señalar, también, que una de las principales limitaciones del trabajo experimental presentado en este trabajo es la ausencia de materiales filmógenos (aglutinantes) en las mezclas pigmentarias ensayadas. Esto, indudablemente, ha impactado no sólo en la solubilidad de los estratos en húmedo, sino también en las variables cualitativas y cuantitativas estudiadas. Por lo tanto, sería una de las principales potenciales fuentes de error en este trabajo, a la hora de comparar las muestras arqueológicas con las experimentales. **Es preciso lograr análisis químicos de los materiales orgánicos utilizados en las pinturas arqueológicas e incorporar esos futuros resultados en el diseño de planes experimentales.** Ello será fundamental para indagar en las técnicas de aplicación y corroborar la hipótesis de trabajo aquí planteada.

En relación con los párrafos anteriores, la probeta experimental estudiada en este trabajo no fue sometida a ningún proceso de envejecimiento acelerado que pudiera imitar, de alguna forma, el paso de miles de años que las pinturas rupestres de La María afrontaron. Es altamente probable que las pinturas rupestres presenten distintos tipos de

deterioros de sus materiales que afecten sus características físico-químicas. En ese sentido, **quizás la sensibilidad de algunos estratos al agua o su poca cohesión se deba a una degradación de los compuestos orgánicos empleados como aglutinantes.** Sin embargo, esa hipótesis deberá ser puesta a prueba en otras investigaciones, que aborden el estudio de los procesos de deterioro que afectan a estas pinturas rupestres.

6.2 Conclusiones metodológicas

Con respecto a las conclusiones de tipo metodológico, en primer lugar creemos que este trabajo permite afirmar que el análisis morfológico micro-estratigráfico es una herramienta potente para conocer mejor a las pinturas rupestres estudiadas y a los procesos de producción mediante los cuales fueron ejecutadas. Las variables aquí propuestas son un punto de partida para **avanzar hacia protocolos de descripción** cada vez más completos y fieles de las secciones transversales de micro-muestras de pinturas rupestres. Esto permitiría, además, una **descripción estandarizada de muestras provenientes de distintos contextos arqueológicos** y facilitaría la comparación entre ellas. Con respecto a las variables estudiadas, las más significativas para evaluar las técnicas de aplicación serían: el aspecto y forma de la capa pictórica, el espesor promedio (y su estadística descriptiva), el porcentaje de cobertura y el coeficiente de variación. Las variables restantes, especialmente la granulometría, color, presencia de inclusiones y textura, dependen directamente de la mezcla pigmentaria utilizada y podrían ser útiles para investigar otros aspectos de los procesos de producción.

En segundo lugar, los resultados permitieron observar la relevancia de las mediciones de espesor de las capas pictóricas para diferenciar entre técnicas de aplicación; sin embargo requieren ser complementadas con el análisis de otras variables y el examen macroscópico de los motivos. La diferenciación entre conjuntos a partir del espesor de estratos requiere la **aplicación herramientas estadísticas robustas para realizar las comparaciones y ahondar en la estadística descriptiva de cada grupo.** De los distintos parámetros estudiados, **la mediana del espesor es una medida de tendencia central más fiable** que la media para conjuntos de gran variabilidad.

En tercer lugar, los resultados de las mediciones y la variabilidad de las muestras sugieren la existencia de una diversidad mayor en las técnicas de aplicación que la registrada inicialmente en el relevamiento en el sitio. Por otro lado, las discrepancias entre los resultados experimentales y arqueológicos apoyan **una mirada crítica a las**

inferencias arqueológicas realizadas para la identificación de las técnicas de aplicación *in situ*. Sería importante problematizar algunas categorías (como por ejemplo, la técnica a pincel), que quizás son demasiado generales y abarcan una heterogeneidad dada por diferentes elementos intermediarios, gestos técnicos y saberes. Todo lo anterior fundamenta la **necesidad de implementar metodologías sistemáticas para la identificación macroscópica de las distintas técnicas pictóricas, apoyadas en la evidencia experimental y arqueológica.** Tal análisis macroscópico, con técnicas de observación por luz rasante y bajo distintos aumentos, podría formar parte de relevamientos de segunda instancia más detallados, que serían fundamentales para el estudio de las formas de aplicación de las pinturas rupestres.

En cuarto lugar, los resultados de las muestras arqueológicas y experimentales visibilizan la **necesidad de avanzar en procesos de inclusión y tratamiento de las micro-muestras que minimicen la pérdida de información morfológica y química.** Algunos de ellos podrían ser metodologías de pulido en seco de las secciones transversales o la consolidación de las micro-muestras previamente a su inclusión. Es importante recuperar aquí que **las micro-estratigrafías deben ser analizadas siempre desde un punto de vista crítico,** es decir, en relación con la información disponible sobre el contexto arqueológico, los motivos muestreados y las observaciones sobre la toma de muestra, teniendo en cuenta las limitaciones de la metodología.

En quinto lugar, un punto metodológico fundamental a la hora de realizar el análisis micro-estratigráfico de las pinturas rupestres es **conocer la roca soporte, los procesos naturales de formación de estratos y lograr diferenciarlos de las capas pictóricas.** La variabilidad del aspecto de la roca soporte puede inducir a identificaciones erróneas de estratos pictóricos, como se observó en varias muestras de pinturas blancas arqueológicas y experimentales. Todo ello influye en el análisis morfológico y en los posteriores estudios químicos que puedan realizarse, ya que en esos casos no se conoce exactamente qué se mide y puede ocasionar resultados incorrectos. Ello resalta la importancia de explorar alternativas en las condiciones de observación microscópica para solucionar este problema, como por ejemplo el empleo de otras fuentes de iluminación.

Por último, la revisión de los resultados de los análisis químicos permitió identificar la importancia y potencialidades de las técnicas de mapeo para el estudio de las formas de aplicación y lograr una identificación correcta de las capas pictóricas en

casos dudosos. Esta estrategia de análisis comenzó a ser explorada por nuestro equipo en la investigación de otros casos arqueológicos y también de arte occidental, ya sea mediante análisis por MEB-EDS (Gheco *et al.* 2019, 2020) como por micro-espectroscopía Raman (Halac *et al.* 2012).

6.3 Palabras finales

Luego del recorrido propuesto en este trabajo, creemos que se ha avanzado en el conocimiento de las técnicas pictóricas empleadas en la confección de las pinturas rupestres de La María, al mismo tiempo que se han identificado algunos puntos relevantes de un abordaje micro-estratigráfico de este problema. Como se pudo observar, esta investigación es inicial sobre un tema complejo y poco explorado, que arrojó más preguntas que certezas. Queda clara la necesidad de seguir avanzando en el conocimiento de los procesos de producción del arte rupestre y de indagar en su materialidad, para lograr aproximarnos más a la historia de los pueblos que habitaron nuestro país. El autor espera haber contribuido no solamente al avance en ese conocimiento, sino también despertar en los lectores el interés y la pasión por un legado patrimonial tan relevante.

Bibliografía

- Acevedo, A. (2017). *Arte, composición visual y paisaje. Un estudio de la producción rupestre de los grupos cazadores-recolectores de la región Extremo Sur del Macizo del Deseado (Provincia de Santa Cruz, Argentina)*. Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires.
- Agnew, N., Deacon, J., Hall, N., Little, T., Sullivan, S., y Taçon, P. (2015). *Rock Art. A cultural treasure at risk*. Getty Conservation Institute.
- Aguerre, A. M. (2000). *Las vidas de Pati en la toldería Tehuelche del Río Pinturas y el después*. Facultad de Filosofía y Letras, UBA.
- Aschero, C. (1988). Pinturas rupestres, actividades y recursos naturales; un encuadre arqueológico. En H. Yacobaccio (Ed.), *Arqueología Contemporánea Argentina. Actualidad y perspectivas* (pp. 109-145). Ediciones Búsqueda.
- Aschero, C. A. (1985). Notas sobre el uso de pigmentos minerales en el sitio CCP-5, Prov. de Santa Cruz, Argentina. En C. R. V, Aldunate Del S. C, Berenguer R J (Ed.), *Estudios en Arte Rupestre* (Museo Chil, pp. 13-24).
- Aschero, Carlos. (1983). Pinturas rupestres en asentamientos cazadores-recolectores. Dos casos de análisis aplicando difracción de rayos X. *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología*, 10(10), 281-306.
- Barbosa, C., y Gradín, C. J. (1987). Estudio composicional por difracción de rayos X de los pigmentos provenientes de la excavación del Alero Cárdenas (Provincia de Santa Cruz). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, XVII(1), 143-171.
- Bednarik, R. G. (2014). Paleoart Studies: Scientific Methods. En *Encyclopedia of Global Archaeology* (pp. 5734-5740). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0465-2_1631
- Bednarik, R. G., y Montelle, Y.-P. (2010). Forensics in Australian cave art research. *L'art pléistocène dans le monde. Congrès de l'IFRAO, septembre 2010 – Symposium : Application techniques police scientifique... (Pré-Actes)*.
- Belardi, J. B., Súnico, A., y Puebla, D. N. (2000). Análisis de pigmentos minerales y sus

fuentes potenciales de aprovisionamiento en el área del Lago Roca (sector Chorrillo Malo), provincia de Santa Cruz (Argentina). *Anales Instituto Patagonia, Serie Ciencias Humanas*, 28, 291-304.

Bersani, D., Berzioli, M., Caglio, S., Casoli, A., Lottici, P. P., Medeghini, L., Poldi, G., y Zannini, P. (2014). An integrated multi-analytical approach to the study of the dome wall paintings by Correggio in Parma cathedral. *Microchemical Journal*, 114, 80-88. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2013.11.014>

Blanco, R. V. (2015). *El arte rupestre en los Macizos del Deseado y Somuncurá: la producción de grabados y pinturas entre cazadores-recolectores desde el Holoceno medio*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata.

Blanco, R. V., y Barreto, N. G. (2016). Experimental Rock Art Studies. Replication of Pictographs from La Primavera Locality (Santa Cruz, Argentina). En R. G. Bednarik, D. Fiore, M. Basile, G. Kumar, y T. Huisheng (Eds.), *Palaeoart and Materiality The Scientific Study of Rock Art* (Archaeopre, pp. 113-127).

Blanco, R. V, y Lynch, V. (2011). Experimentos replicativos de grabados en piedra: implicancias en el arte rupestre de la localidad arqueológica de Piedra Museo (Santa Cruz, Argentina). *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino*, 16(1), 9-21. <https://doi.org/10.4067/S0718-68942011000100002>

Bordini, S. (1995). *Materia e imagen: fuentes bibliográficas de las técnicas de la pintura* (1ª). Ediciones del Serbal.

Boschin, M. T., Maier, M. S., y Massaferrero, G. I. (2011). Une lecture pluridisciplinaire des analyses chimiques et minéralogiques de peintures rupestres de la Patagonie argentine. *L'Anthropologie*, 115(3-4), 360-383. <https://doi.org/10.1016/j.anthro.2011.05.009>

Carballido, M., y Fernández, P. M. (2001). El registro arqueológico: evidencia, contexto y procesos de formación. En *La trama cultural: textos de antropología y arqueología* (pp. 75-82). Ediciones Caligraf.

Carden, N. M. (2007). *Estudio de las manifestaciones rupestres de la Meseta Central de Santa Cruz. El área de los Zanjones Blanco y Rojo al sur del río Deseado*. Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata.

- Carden, N. M., Blanco, R. V., Poiré, D. G., Genazzini, C. I., Magnin, L. A., y García, P. J. (2014). Análisis de pigmentos del Macizo del Deseado: el abastecimiento de materias primas y la producción de pinturas rupestres en Cueva Maripé (Santa Cruz, Argentina). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, XXXIX(2), 483-508.
- Carden, N., y Miotti, L. (2020). Unraveling rock art palimpsests through superimpositions: The definition of painting episodes in Los Toldos (southern Patagonia) as a baseline for chronology. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 30(September 2019), 102265. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102265>
- Cardich, A. (1979). A propósito de un motivo sobresaliente en las pinturas rupestres de «El Ceibo» (Provincia de Santa Cruz, Argentina). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, XIII, 163-182.
- Cardich, A., Cardich, L. A., y Hajduk, A. (1973). Secuencia arqueológica y cronología radiocarbónica de la Cueva 3 de Los Toldos (Santa Cruz, Argentina). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 85-123.
- Cedrola, M., Gallegos, D., Feld, L., y Marte, F. (2009). Análisis de los morteros utilizados en la obra mural «Ejercicio Plástico» por David Alfaro Siqueiros. *Ier. Congreso Iberoamericano y VIII Jornada “Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio”*.
- Chalmin, E., y Huntley, J. (2017). Characterizing Rock Art Pigments. In B. David y I. J. McNiven (Eds.), *The Oxford Handbook of the Archaeology and Anthropology of Rock Art* (Issue May 2018, p. 885). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190607357.013.48>
- Chalmin, E., Menu, M., y Vignaud, C. (2003). Analysis of rock art painting and technology of Palaeolithic painters. *Measurement Science and Technology*, 14(9), 1590-1597. <https://doi.org/10.1088/0957-0233/14/9/310>
- Daniilia, S., Minopoulou, E., Andrikopoulos, K. S., Tsakalof, A., y Bairachtari, K. (2008). From Byzantine to post-Byzantine art: the painting technique of St Stephen's wall paintings at Meteora, Greece. *Journal of Archaeological Science*, 35(9), 2474-2485. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.03.017>
- Daniilia, S., Sotiropoulou, S., Bikiaris, D., Salpistis, C., Karagiannis, G., Chryssoulakis, Y., Price, B. A., y Carlson, J. H. (2000). Panselinos' byzantine wall paintings in the

protaton church, mount athos, Greece: A technical examination. *Journal of Cultural Heritage*, 1(2), 91-110. [https://doi.org/10.1016/S1296-2074\(00\)00164-3](https://doi.org/10.1016/S1296-2074(00)00164-3)

Dasser, K. (1991). Pretreatment Examination and Documentation: The Wall Paintings of Schloß Seehof, Bamberg. En S. Cather (Ed.), *The Conservation of Wall Paintings. Proceedings of a Symposium organizaed by the Courtauld Institute of Art and the Getty Conservation Institute. London, July 13-16, 1987.* (pp. 21-28). The Getty Conservation Institute.

De Benedetto, G. E., Fico, D., Margapoti, E., Pennetta, A., Cassiano, A., y Minerva, B. (2013). The study of the mural painting in the 12th century monastery of Santa Maria delle Cerrate (Puglia-Italy): Characterization of materials and techniques used. *Journal of Raman Spectroscopy*, 44(6), 899-904. <https://doi.org/10.1002/jrs.4298>

de la Fuente, G. A., y Nazar, D. C. (2016). Pintores Antiguos, Tecnología y Pigmentos: Aportes para la Reconstrucción de las Cadenas Operativas Implicadas en la Producción de las Pinturas de La Tunita, Motegasta y La Resfalosa (Dptos. Ancasti y La Paz, Catamarca, Argentina). En F. Oliva, A. M. Rocchietti, y F. Banfi (Eds.), *Imagenes Rupestres: lugares y regiones* (pp. 181–194).

d'Errico, F., Dayet Bouillot, L., García-Diez, M., Pitarch Martí, A., Garrido Pimentel, D., y Zilhão, J. (2016). The technology of the earliest European cave paintings: El Castillo Cave, Spain. *Journal of Archaeological Science*, 70, 48–65. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.03.007>

Fiore, D. (2014). Archaeology of Art: Theoretical Frameworks. En *Encyclopedia of Global Archaeology* (pp. 436-449). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0465-2_1274

Fiore, D. (1999). Cuestiones Teórico-metodológicas E Implicaciones Arqueológicas En La Identificación De Artefactos Utilizados En La Produccion De Grabados Rupestres. Hacia Una Arqueología Del Arte. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 24, 277-291.

Fiore, D. (1996). El arte rupestre como producto complejo de procesos ideológicos y económicos: una propuesta de análisis. *Espacio, tiempo y forma. Serie I, Prehistoria y arqueología*, 9, 239-262. <https://doi.org/10.5944/etfi.9.1996.4636>

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*. <https://doi.org/10.1007/s10816-020-09474-7>

Fiore, D. (2018). The materiality of rock art. Image-making technology and economy viewed from Patagonia. En A. Troncoso, F. Armstrong, y G. Nash (Eds.), *Archaeologies of Rock Art: South American Perspectives* (pp. 23-57). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315232782>

Franchomme, J.-M. (1991). *L'art rupestre préhistorique de Patagonie: une géographie*. Tesis de Doctorado. Universidad de París X. Francia. Manuscrito.

Frank, A. D., Gheco, L., Halac, E., Mastrangelo, N., Landino, M., Paunero, R. S., y Marte, F. (2020). Variaciones del color. Primeros estudios físicoquímicos de las pinturas rupestres de La María, provincia de Santa Cruz. *InterSecciones en Antropología*, 21(1), 57-70. <https://doi.org/10.37176/iea.21.1.2020.530>

Frère, M. M., González, M. I., Guráieb, A. G., y Muñoz, A. S. (2004). Etnoarqueología, arqueología experimental y tafonomía. En *Explorando algunos temas de arqueología* (Gedisa, pp. 97-118).

Gheco, L. (2017). *El laberinto de las paredes pintadas. Una historia de los abrigos con arte rupestre de Oyola, Catamarca*. Tesis doctoral inédita. Universidad Nacional de Córdoba.

Gheco, L., Tascon, M., Ahets Etcheberry, E., Quesada, M., y 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(1), 60. <https://doi.org/10.1186/s40494-020-00409-9>

Gheco, L., Tascon, M., Gastaldi, M., Etcheberry, E. A., Pereda, S., Mastrangelo, N., Quesada, M., y Marte, F. (2019). Hidden paintings, forgotten histories: a micro-stratigraphic approach to study coated rock art. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 11(9), 5037-5052. <https://doi.org/10.1007/s12520-019-00854-z>

González Dubox, R. E., Frank, A. D., Cueto, M. E., y Paunero, R. S. (2019). Manifestaciones rupestres de la localidad arqueológica La María: notas metodológicas y propuesta de (re)clasificación. Presentación oral, *III Congreso Nacional de Arte Rupestre*.

- Gradín, C. (1978). Algunos aspectos del análisis de las manifestaciones rupestres. *Revista del Museo Provincial. Tomo 1, arqueología, 1*, 120-133.
- Gradín, C., Aschero, C. A., y Aguerre, A. M. (1979). Arqueología del Río Pinturas (Provincia de Santa Cruz). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología, XIII*, 183-227.
- Gradín, C., Aschero, C. A., y Aguerre, A. M. (1976). Investigaciones arqueológicas en la Cueva de las Manos (estancia Alto Río Pinturas, provincia de Santa Cruz). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología, X*, 201-250.
- Halac, E. B., Reinoso, M., Luda, M., y Marte, F. (2012). Raman mapping analysis of pigments from Proas Iluminadas by Quinquela Martín. *Journal of Cultural Heritage, 13*(4), 469–473. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2012.01.003>
- Harth, A., Van der Snickt, G., Schalm, O., Janssens, K., y Blanckaert, G. (2017). The young Van Dyck's fingerprint: a technical approach to assess the authenticity of a disputed painting. *Heritage Science, 5*(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s40494-017-0136-3>
- Hernández Llosas, M. I. (1985). Diseño de una guía para el relevamiento y clasificación de datos de sitios arqueológicos con arte rupestre. En C. Aldunate, J. Berenguer, y V. Castro (Eds.), *Estudios en Arte Rupestre* (pp. 25-36). Museo Chileno de Arte Precolombino.
- Ingold, T. (2007). Materials against materiality. *Archaeological Dialogues, 14*(1), 1-16. <https://doi.org/10.1017/S1380203807002127>
- Iñíguez, A. M., y Gradín, C. J. (1977). Análisis mineralógico por difracciones de rayos X de muestras de pinturas de la Cueva de las Manos, Estancia Alto Río Pinturas (Provincia de Santa Cruz). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología, XI*, 121-128.
- Khandekar, N. (2003). Preparation of cross-sections from easel paintings. *Studies in Conservation, 48*(sup1), 52-64. <https://doi.org/10.1179/sic.2003.48.Supplement-1.52>
- López-Montalvo, E., Roldán, C., Badal, E., Murcia-Mascarós, S., y Villaverde, V. (2017). 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 chaîne opératoire. *PLOS ONE, 12*(2), e0172225. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172225>

- Magon, P. M., y Del Lama, E. A. (2019). Material characterization, stratigraphy, textures, and painting techniques of the mural painting The Allegory of the Industrial Development of São Paulo by Fulvio Pennacchi. *Studies in Conservation*, 64(7), 387-396. <https://doi.org/10.1080/00393630.2018.1564502>
- Marte, F., Mastrangelo, N., y Tascon, M. (2011). El arte de medir: microscopía óptica aplicada a la medición de secciones transversales. *Eadem Utraque Europa*, 7(13), 257-268.
- Mastrangelo, N. (2013). *Mediciones de cortes transversales en muestras de pinturas de caballete*. Tesis de Licenciatura en Conservación y restauración de obras de arte y bienes culturales. Universidad Nacional de las Artes.
- Mastrangelo, N., Frank, A. D., Marte, F., y Leyva, A. G. (2017). *Estudio de fuentes de pigmentos naturales. Presentación en póster. XII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Cristalografía*.
- Menghin, O. (1957). Estilos del arte rupestre de Patagonia. *Acta prehistórica I*, 57-87.
- Moretti, P., Gallegos, D., Marte, F., Brunetti, B., Sgamellotti, A., y Miliani, C. (2013). Materials and Techniques of Twentieth Century Argentinean Murals. *Procedia Chemistry*, 8, 221-230. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2013.03.028>
- Moya, F. (2016). *Applications of Analytical Techniques on the Study of Pigmenting Materials : The case of Late Holocene hunter-Gatherers from North Central Chile*. Tesis de maestría inédita. University College London.
- Paunero, R. S. (2012). Arte rupestre pleistocénico de Santa Cruz, Patagonia argentina. *L'art pléistocène dans le monde = Arte pleistoceno en el mundo [actes du congrès IFRAO, Tarascon-sur-Ariège, septembre 2010]*, 144-145.
- Paunero, R. S. (1992). Manos pintadas en negativo: Un ensayo de experimentación. *Revista de Estudios Regionales - CEIDER*, 1, 47-67.
- Paunero, R. S., Frank, A., Skarbun, F., Rosales, G., Zapata, G., Cueto, M., Paunero, M., Martínez, D., López, R., Lunazzi, N., y Del Giorgio, M. (2005). Arte rupestre en Estancia La María, meseta central de Santa Cruz: sectorización y contextos arqueológicos. *Relaciones - Sociedad Argentina de Antropología*, 30, 147-168.
- Plesters, J. (1956). Cross-sections and Chemical Analysis of Paint Samples. *Studies in*

Conservation, 2(3), 110-157. <https://doi.org/10.1179/sic.1956.015>

Podestá, M. M., Paunero, R. S., y Rolandi, D. S. (2005). *El arte rupestre de la Argentina indígena. 1ª parte: Patagonia*. Academia Nacional de la Historia.

Podestá, M. M., y Strecker, M. (2014). South American Rock Art. En *Encyclopedia of Global Archaeology* (pp. 6828-6841). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0465-2_1623

Regazzoni, L., Cavallo, G., Biondelli, D., y Gilardi, J. (2018). Microscopic Analysis of Wall Painting Techniques: Laboratory Replicas and Romanesque Case Studies in Southern Switzerland. *Studies in Conservation*, 63(6), 326-341. <https://doi.org/10.1080/00393630.2017.1422891>

Rial, G., y Barbosa, C. (1983). Análisis mineralógico por difracción de Rayos X de muestras de pinturas del cerro Casa de Piedra, sitio CCP5 (Provincia de Santa Cruz, República Argentina). *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología*, 10, 307-311.

Sandu, I. C. A., Schäfer, S., Magrini, D., Bracci, S., y Roque, C. A. (2012). Cross-section and staining-based techniques for investigating organic materials in painted and polychrome works of art: A review. *Microscopy and Microanalysis*, 18(4), 860-875. <https://doi.org/10.1017/S1431927612000554>

Santos da Rosa, N. (2019). La tecnología del arte rupestre levantino. *Cuadernos de Arte Prehistórico*, 7, 120-146.

Sepúlveda, M. (2020). 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*. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.05.031>

Siracusano, G. (2005). *El poder de los colores. De lo material a lo simbólico en las prácticas culturales andinas*. Fondo de Cultura Económica.

Solá, P., Yacobaccio, H. D., Rosenbusch, M., Alonso, M. S., Maier, M. S., Vázquez, C., y Catá, M. P. (2013). Hematita vs. arcillas: su potencial como pigmentos rojos y su uso en tres sitios de la Puna jujeña (Argentina). *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino*, 18(1), 67-83. <https://doi.org/10.4067/S0718-68942013000100005>

Spring, M. E. Al, Mazzotta, A., Roy, A., Billinge, R., y Peggie, D. (2011). Painting Practice in Milan in the 1490s: The Influence of Leonardo. *National Gallery Technical Bulletin*,

- Tascon, M., Mastrangelo, N., Gheco, L., Gastaldi, M., Quesada, M., y 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. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2016.07.003>
- Troncoso, A., Armstrong, F., Vergara, F., Ivanovic, F., y Urzúa, P. (2020). Nurturing and Balancing the World: A Relational Approach to Rock Art and Technology from North Central Chile (Southern Andes). *Cambridge Archaeological Journal*, 30(2), 239–255. <https://doi.org/10.1017/S0959774319000581>
- Vandivere, A., van Loon, A., Dooley, K. A., Haswell, R., Erdmann, R. G., Leonhardt, E., y Delaney, J. K. (2019). Revealing the painterly technique beneath the surface of Vermeer's Girl with a Pearl Earring using macro- and microscale imaging. *Heritage Science*, 7(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40494-019-0308-4>
- Vandivere, A., Wadum, J., y Leonhardt, E. (2020). The Girl in the Spotlight: Vermeer at work, his materials, and techniques in Girl with a Pearl Earring. *Heritage Science*, 8(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s40494-020-0359-6>
- Vergara, F., Troncoso, A., y Ivanovic, F. (2016). Time and Rock Art Production: Explorations on the Material Side of Petroglyphs in the Semiarid North of Chile. In R. G. Bednarik, D. Fiore, M. Basile, G. Kumar, y T. Huisheng (Eds.), *Palaeoart and Materiality The Scientific Study of Rock Art* (pp. 147–160). Archaeopress Archaeology.
- Vignaud, C., Salomon, H., Chalmin, E., Geneste, J.-M., y Menu, M. (2006). Le groupe des « bisons adossés » de Lascaux. Étude de la technique de l'artiste par analyse des pigments. *L'Anthropologie*, 110(4), 482-499. <https://doi.org/10.1016/j.anthro.2006.07.008>
- Wainwright, I. N. M., Helwig, K., Rolandi, D. S., Aschero, C. A., Gradin, C., Podestá, M. M., Onetto, M., y Bellelli, C. (2002). Identification of pigments from rock painting sites in Argentina. *L'art avant l'histoire: la conservation de l'art préhistorique, 10es journées d'études de la Section française de l'Institut internationale de conservation, Paris, 23-24 mai 2002, May*, 15-24.
- Wainwright, I. N. M., Helwig, K., Rolandi, D. S., Gradin, C., Podestá, M. M., Onetto, M., y Aschero, C. A. (2002). Rock paintings conservation and pigment analysis at Cueva de

las Manos and Cerro de los Indios, Santa Cruz (Patagonia), Argentina. *13th triennial meeting, Rio de Janeiro, 22-27 September 2002: preprints*, 582-589.

Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias a muchas personas que ayudaron a realizarlo. Primero, me gustaría agradecer a mi familia y, muy especialmente, a mi compañero de vida, Javier, que me apoya sin dudar en todas las cosas que me propongo. Éste trabajo no podría haber sido escrito sin su ayuda, contención y amor incondicional.

Luego, me gustaría agradecer a mis tutores, Lucas Gheco y Noemí Mastrángelo, por todo el empeño que pusieron en ayudarme y lograr que este trabajo se hiciera realidad. No tengo palabras para agradecerles por todo lo que me enseñaron en este proceso y por la enorme paciencia que me tuvieron desde el primer momento, cuando ni siquiera sabía hacer una micro-estratigrafía. Incontables charlas y tardes en el laboratorio, que en el medio de la pandemia actual parecen tan lejanas, pero que espero que podamos retomar personalmente en un futuro cercano. Muchas gracias, Lucas, por haberme invitado a mi primera campaña arqueológica, que espero que sea la primera de muchas otras.

Como tengo la suerte de integrar un equipo de investigación interdisciplinario en el Laboratorio de TAREA-IIPC, dirigido por el Dr. Fernando Marte, me gustaría agradecer a todos sus integrantes por su ayuda, comentarios y camaradería. Ellos son, además de mis tutores: Fernando Marte, Marcos Tascon, María Florencia Castellá, Eugenia Ahets Etcheberry, Micaela Alianiello, Amalia Garzarella, Sabrina Leonardt, Michelle Pereyra Casado, Sabrina Soto y Victoria Zucchi Satué. Gracias por compartir conmigo la experiencia de investigar el patrimonio cultural desde distintos puntos de vista.

También quisiera agradecer a Ariel Frank y a Rafael Paunero, que nos permitieron colaborar en la investigación del arte rupestre de La María y cuyas fotografías ilustran varias páginas de este trabajo. Muchas gracias, Rafael, por habernos recibido en tu laboratorio de la Universidad Nacional de La Plata y transmitirnos, con generosidad, tus conocimientos. Muchas gracias, Ariel, por la ayuda que me brindaste para hacer este trabajo y por revisar, tan gentilmente, los antecedentes del mismo. A

Raúl González Dubox por compartir con nosotros los avances de su investigación doctoral sobre La María.

Un agradecimiento especial a mis amigos, que sin ellos la experiencia habría sido mucho más ardua. Muchas gracias, Mara, Fer, Martín, Flor, Jacqui, Jime, Manu, Pau, María Isabel, Mica y Sofi por estar siempre.

A mi mascota, Marranón, que hoy ya no está entre nosotros, pero que me acompañó durante la escritura de este trabajo todos los días, durmiendo en mi regazo.

Por último, me gustaría agradecer a la Universidad Nacional de San Martín y al IIPC-TAREA por haberme privilegiado con una beca de formación para estudiar esta carrera, que me permitió dedicarme de forma exclusiva a ello. Tuve, desde mi estudios de nivel medio, el honor de formarme en la educación pública, gratuita y de excelencia, por lo que estoy profundamente agradecido.

Este trabajo final integrador fue evaluado por la Dra. Dánae Fiore, la Mg. Damasia Gallegos y el Dr. Marcos Tascon, el día 17 de marzo de 2021. Agradezco al jurado por sus correcciones y comentarios, y al equipo de gestión del IIPC-TAREA por la organización de la defensa.

Índice de figuras

FIGURA 1: ALGUNOS MOTIVOS PINTADOS DE LA MARÍA.....	10
FIGURA 2: ALGUNAS LOCALIDADES ARQUEOLÓGICAS CON ARTE RUPESTRE EN EL ÁREA DEL MACIZO DEL DESEADO.	13
FIGURA 3: PLANO DE LA LOCALIDAD ARQUEOLÓGICA LA MARÍA.....	17
FIGURA 4: MICROFOTOGRAFÍAS (200X) DE LA MUESTRA 415-19-07, A LA IZQUIERDA CON LUZ POLARIZADA Y A LA DERECHA, DE FLUORESCENCIA VISIBLE DE ULTRAVIOLETA.	37
FIGURA 5: EJEMPLO DE DIAGRAMA DE CAJA.....	39
FIGURA 6: ESQUEMA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.	41
FIGURA 7: FOTOGRAFÍAS DE LAS FUENTES DE MINERALES BLANCO Y ROJO EN LA LOCALIDAD ARQUEOLÓGICA, DE DONDE PROVINIERON LOS MATERIALES CROMÓGENOS UTILIZADOS EN LA EXPERIMENTACIÓN.....	42
FIGURA 8: MOLIENDA Y PESADO DE LAS MATERIAS PRIMAS.....	42
FIGURA 9: FOTOGRAFÍA DE LA PROBETA EXPERIMENTAL LUEGO DE LA APLICACIÓN DIGITAL Y A PINCEL DE LAS MEZCLAS PIGMENTARIAS.	43
FIGURA 10: FOTOGRAFÍAS MOSTRANDO EL PROCESO DE INCLUSIÓN DE LAS MUESTRAS EXPERIMENTALES.	45
FIGURA 11: MICROGRAFÍA (100X) DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA EXPERIMENTAL RP1.....	45
FIGURA 12: MICROGRAFÍA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA 415-16-21 Y MAPEO POR MEB-EDS.	50
FIGURA 13: MICROGRAFÍA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA 415-20-29 Y MAPEO ELEMENTAL MEB-EDS.....	50
FIGURA 14: EJEMPLOS DEL ASPECTO DE LA ROCA SOPORTE EN LAS SECCIONES TRANSVERSALES DE LAS MUESTRAS ESTUDIADAS.	51
FIGURA 15: EJEMPLOS DE LOS COLORES OBSERVADOS EN LAS MUESTRAS DIGITALES.....	53
FIGURA 16: MICROGRAFÍAS DE LA MUESTRA 415-2-61 A 200x y 500x, MOSTRANDO LA MEZCLA DE GRÁNULOS DE PIGMENTO ROJO Y NEGRO.....	53
FIGURA 17: MICROGRAFÍAS DE SECCIONES TRANSVERSALES CON DIFERENCIAS MARCADAS ENTRE UNA TEXTURA HOMOGÉNEA Y HETEROGÉNEA.....	54
FIGURA 18: EJEMPLOS DE GRANULOMETRÍA FINA Y GRANULOMETRÍA GRUESA EN LAS MUESTRAS ANALIZADAS.	54
FIGURA 19: EJEMPLOS DE MUESTRAS SIN Y CON INCLUSIONES.	55
FIGURA 20: SUPERPOSICIÓN DE ESTRATOS.	56
FIGURA 21: DOS EJEMPLOS DE MUESTRAS CON ESTRATOS SENSIBLES AL PULIDO EN HÚMEDO.	56
FIGURA 22: SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA 415-12-41 A 200X, MOSTRANDO LA COLORACIÓN DE LA ROCA SOPORTE SUBYACENTE A LA CAPA PICTÓRICA.	57
FIGURA 23: DIAGRAMA DE CAJA DEL ESPESOR DE LAS MUESTRAS DIGITALES.	58
FIGURA 24: DIVERSIDAD EN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ROCA SOPORTE SEÑALADAS EN EL TEXTO.	60
FIGURA 25: PARTE DE LA DIVERSIDAD DE COLORES PRESENTES EN LAS MUESTRAS A PINCEL.....	61
FIGURA 26: MUESTRAS DE COLOR ROJO DE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS SIMILARES.	62
FIGURA 27: NÓTESE LA DIFERENCIA DE COLOR, TEXTURA, ESPESOR Y GRANULOMETRÍA ENTRE MUESTRAS DE UN COLOR "AMARILLO", PERO EN DISTINTOS SITIOS Y CON DIFERENTE FORMA DE APLICACIÓN, A PINCEL (IZQUIERDA) Y DIGITAL (DERECHA).	62

FIGURA 28: EJEMPLOS DE GRANULOMETRÍA FINA (IZQUIERDA) Y FINA A MEDIA (DERECHA), PREDOMINANTES EN EL CONJUNTO ESTUDIADO.....	63
FIGURA 29: DIFERENCIAS MORFOLÓGICAS ENTRE UN ESTRATO ROJO Y UNO NEGRO DE SUPUESTA MISMA FORMA DE APLICACIÓN (A PINCEL).....	64
FIGURA 30: MUESTRA CON SIGNOS DE ESTRATOS SENSIBLES A LA HUMEDAD.....	65
FIGURA 31: GRÁFICO DE CAJA DEL ESPESOR PROMEDIO DE LAS MUESTRAS A PINCEL.....	66
FIGURA 32: ASPECTO DE LA ROCA SOPORTE Y SU DIVERSIDAD DE TEXTURAS EN LAS MUESTRAS ESTUDIADAS.....	68
FIGURA 33: DIVERSIDAD DE COLORES PRESENTES EN LAS MUESTRAS ESTARCIDAS ANALIZADAS.....	69
FIGURA 34: MUESTRA 415-19-8 A 500X.....	70
FIGURA 35: ESQUEMA DE LA SUCESIÓN DE ESTRATOS EN LA MUESTRA 415-1-124.....	71
FIGURA 36: EJEMPLOS DE MICRO-MUESTRAS CON INCLUSIONES.....	72
FIGURA 37: DOS EJEMPLOS DEL ASPECTO DE LAS CAPAS PICTÓRICAS ESTARCIDAS.....	72
FIGURA 38: DIAGRAMA DE CAJA DEL ESPESOR DE LAS MUESTRAS ESTARCIDAS.....	73
FIGURA 39: PROCESO DE INCLUSIÓN.....	75
FIGURA 40: SECUENCIA DE MICROGRAFÍAS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA RP1 A 100 X, 200 X Y 500 X.....	75
FIGURA 41: MICROGRAFÍA (50X) DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA ROCA SOPORTE.....	76
FIGURA 42: MICROGRAFÍAS A 100X DE LAS MUESTRAS DIGITALES EXPERIMENTALES NEGRAS (ARRIBA) Y ROJAS (ABAJO).....	76
FIGURA 43: MICROGRAFÍAS DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES DE LAS MUESTRAS BLANCAS, AGRUPADAS POR TÉCNICA DE APLICACIÓN. EN LA FILA SUPERIOR SE UBICAN LAS MUESTRAS DIGITALES Y EN LA INFERIOR, A PINCEL. TODAS FUERON TOMADAS A 100X.....	77
FIGURA 44: MICROGRAFÍA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA BD2. SE OBSERVA LA DIFICULTAD PARA DISTINGUIR ENTRE CAPA PICTÓRICA Y ROCA SOPORTE DEBIDO A LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS SIMILARES.....	77
FIGURA 45: MICROGRAFÍA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA RP1 A 500X. SE OBSERVA LA HETEROGENEIDAD EN LAS PARTÍCULAS DEL PIGMENTO ROJO, CON GRÁNULOS DE MAYOR TAMAÑO DE ROJO MÁS OSCURO Y GRÁNULOS MÁS FINOS PREDOMINANTES.....	78
FIGURA 46: MICROGRAFÍA (500X) DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA NP1. SE OBSERVA LA ESTRUCTURA DEL CARBÓN VEGETAL Y LA POCA ADHERENCIA DE LA CAPA PICTÓRICA AL SOPORTE.....	79
FIGURA 47: MICROGRAFÍAS A 100X DE LAS MUESTRAS EXPERIMENTALES A PINCEL NEGRAS Y ROJAS.....	82
FIGURA 48: DIAGRAMA DE CAJA DE ESPESORES PROMEDIO EN LOS TRES CONJUNTOS DE TÉCNICAS DE APLICACIÓN. LOS PUNTOS REPRESENTAN VALORES, LAS LÍNEAS DENTRO DE LAS CAJAS CORRESPONDEN A LAS MEDIANAS Y LAS X REPRESENTAN LOS VALORES MEDIOS. EL CONJUNTO DE MUESTRAS DIGITALES SE ENCUENTRA RESTRINGIDO (SIN LOS VALORES ATÍPICOS).....	88
FIGURA 49: MOTIVO ÓVALOS/GUANACA DELINEADA, SEÑALANDO LOS PUNTOS DE MUESTREO, SITIO CUEVA J/DEL FELINO.....	125
FIGURA 50: NEGATIVO DE MANO CON PUNTOS, SEÑALANDO LOS LUGARES DE MUESTREO, SITIO CUEVA J/DEL FELINO.....	125
FIGURA 51: MOTIVO MANO CON PUNTOS/GUANAQUITA, SEÑALANDO LOS PUNTOS DE MUESTREO, SITIO CUEVA J/DEL FELINO.....	126
FIGURA 52: MOTIVO GUANACA EMBARAZADA, CON LUGAR DE MUESTREO, SITIO CUEVA J/DEL FELINO.....	126
FIGURA 53: MOTIVO GUANACO RELLENO, CON LUGAR DE MUESTREO, SITIO CUEVA J/DEL FELINO.....	127

FIGURA 54: PANEL CON MOTIVOS DE PUNTOS/CÍRCULO NARANJA (MUESTRA 25) Y CIRCULAR HECHO DE PUNTOS RODEANDO LÍNEAS (MUESTRA 28), SITIO CUEVA LARGA.....	127
FIGURA 55: PANEL CON NEGATIVO DE MANO (MUESTRA 29) Y LÍNEA EN FORMA DE T (MUESTRA 30), SITIO LA COCINA.	128
FIGURA 56: TOMA DE MUESTRA DE MOTIVO DE LÍNEA (MUESTRA 100), SITIO LA COCINA.	128
FIGURA 57: MUESTREO DE ÓVALO HECHO CON PUNTOS (35 Y 36), SITIO CUEVA B.	129
FIGURA 58: ESCENA DE GUANACOS CORRIENDO, MUESTRA 38 (VULVA) Y 37 (GUANACO), SITIO CUEVA B.	129
FIGURA 59: MUESTREO DE MOTIVO DE LÍNEAS Y PUNTOS, SITIO CUEVA B.	130
FIGURA 60: NEGATIVO DE MANO DE BEBÉ SOBRE NEGATIVO DE MANO DE ADULTO, SITIO CUEVA B.....	130
FIGURA 61: MUESTREO DE MOTIVO TRIDÍGITO, SITIO CUEVA I.	131
FIGURA 62: MOTIVO DE FELINO, SITIO CUEVA II.	131
FIGURA 63: PUNTOS Y LÍNEAS, SITIO CUEVA TÚNEL.....	132
FIGURA 64: GUANACO TOMANDO AGUA, SITIO CUEVA H.	132
FIGURA 65: GUANACO TOMANDO AGUA, SITIO CUEVA H.	133
FIGURA 66: MUESTREO DE LÍNEA CONTINUA CERRADA CON PUNTOS (MUESTRA 49), SITIO LA MESADA.	133
FIGURA 67: MOTIVO CRUCIFORME O SOL, SITIO CUEVA I.	134
FIGURA 68: MUESTREO DE MOTIVO ANTROPOMORFO, SITIO CUEVA II.	134
FIGURA 69: MOTIVO DE GUANACO, SITIO CUEVA IV.....	135
FIGURA 70: NEGATIVO DE MANO, SITIO CUEVA I.	135
FIGURA 71: NEGATIVO DE MANO (103), SITIO CUEVA CABALLO MUERTO.	136
FIGURA 72: NEGATIVO DE MANO (MUESTRA 115), SITIO ANFITEATRO.	136
FIGURA 73: NEGATIVO DE MANO (MUESTRA 124) SOBRE MOTIVO INDETERMINADO, SITIO CUEVA I.	137
FIGURA 74: NEGATIVO DE MANO, SITIO CUEVA DEL SOL.	137

Índice de tablas

TABLA 1: MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS DIGITALES ANALIZADAS EN ESTE TRABAJO.	138
TABLA 2: MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS A PINCEL ANALIZADAS EN ESTE TRABAJO.....	138
TABLA 3: MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS ESTARCIDAS ANALIZADAS EN ESTE TRABAJO.....	139
TABLA 4: ESQUEMA DE LAS VARIABLES CONSIDERADAS EN EL ANÁLISIS MORFOLÓGICO MICRO-ESTRATIGRÁFICO DE LAS MUESTRAS.....	139
TABLA 5: INTERPRETACIÓN DE LAS VARIABLES CONSIDERADAS.	140
TABLA 6: RESUMEN DE LA FORMULACIÓN DE LAS DISTINTAS MEZCLAS PIGMENTARIAS UTILIZADAS EN LA PROBETA EXPERIMENTAL.	141
TABLA 7: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS AGRUPADOS POR TÉCNICA DE APLICACIÓN (TOMADO Y MODIFICADO DE FRANK <i>ET AL.</i> , 2020). TODAS ESTAS MUESTRAS FUERON INCLUIDAS EN EL CONJUNTO ANALIZADO MICRO-MORFOLÓGICAMENTE EN EL APARTADO 4.1.2 DE ESTE TRABAJO.....	141
TABLA 8: RESULTADOS DEL ANÁLISIS MORFOLÓGICO DE LAS MUESTRAS DE PINTURAS RUPESTRES DE TÉCNICA DIGITAL.	142
TABLA 9: MEDICIONES DE LAS MUESTRAS DIGITALES. EN ROJO SE DESTACAN LOS VALORES ATÍPICOS.	145

TABLA 10: RESULTADOS DEL ANÁLISIS MORFOLÓGICO DE LAS MUESTRAS DE PINTURAS RUPESTRES DE TÉCNICA A PINCEL.	145
TABLA 11: MEDICIONES DE LAS MUESTRAS A PINCEL, ORDENADAS DE ACUERDO A LOS VALORES DE ESPESOR PROMEDIO DE LA PRIMERA CAPA PICTÓRICA.	147
TABLA 12: RESULTADOS DEL ANÁLISIS MORFOLÓGICO DE LAS MUESTRAS DE PINTURAS RUPESTRES DE TÉCNICA ESTARCIDA.	148
TABLA 13: MEDICIONES DE LAS MUESTRAS ESTARCIDAS.	149
TABLA 14: MEDICIONES DE LAS MUESTRAS EXPERIMENTALES DIGITALES.	151
TABLA 15: MEDICIONES DE LAS MUESTRAS EXPERIMENTALES A PINCEL.	151
TABLA 16: TABLA CON LOS VALORES DE ESPESOR PROMEDIO POR TÉCNICA DE APLICACIÓN REPRESENTADOS EN EL GRÁFICO 5.1, CON RESTRICCIÓN DE LOS VALORES ATÍPICOS. SE MUESTRAN ALGUNOS PARÁMETROS ESTADÍSTICOS PARA CADA CONJUNTO DE MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS.	152
TABLA 17: COMPARACIÓN DE VALORES DE PORCENTAJE DE COBERTURA PROMEDIO Y DE COEFICIENTE DE VARIACIÓN PROMEDIO, CON SUS RESPECTIVOS MÍNIMOS Y MÁXIMOS, PARA LOS TRES CONJUNTOS DE MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS ESTUDIADOS.	152
TABLA 18: COMPARACIÓN DE PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DEL ESPESOR PROMEDIO DE LOS ESTRATOS ESTUDIADOS EN LAS MUESTRAS EXPERIMENTALES.	153
TABLA 19: COMPARACIÓN DE VALORES DE PORCENTAJE DE COBERTURA PROMEDIO Y DE COEFICIENTE DE VARIACIÓN PROMEDIO, CON SUS RESPECTIVOS MÍNIMOS Y MÁXIMOS, PARA LOS DOS CONJUNTOS DE MUESTRAS EXPERIMENTALES ESTUDIADOS.	153

Anexos

A. Fotografías de los motivos rupestres muestreados en La María



Figura 49: Motivo óvalos/guanaca delineada, señalando los puntos de muestreo, sitio cueva J/del Felino. Gentileza Dr. Rafael Paunero.



Figura 50: Negativo de mano con puntos, señalando los lugares de muestreo, sitio cueva J/del Felino. Gentileza Dr. Rafael Paunero.



Figura 51: Motivo mano con puntos/guaquita, señalando los puntos de muestreo, sitio cueva J/del Felino. Gentileza Dr. Rafael Paunero.



Figura 52: Motivo guanaca embarazada, con lugar de muestreo, sitio cueva J/del Felino. Gentileza Dr. Rafael Paunero.

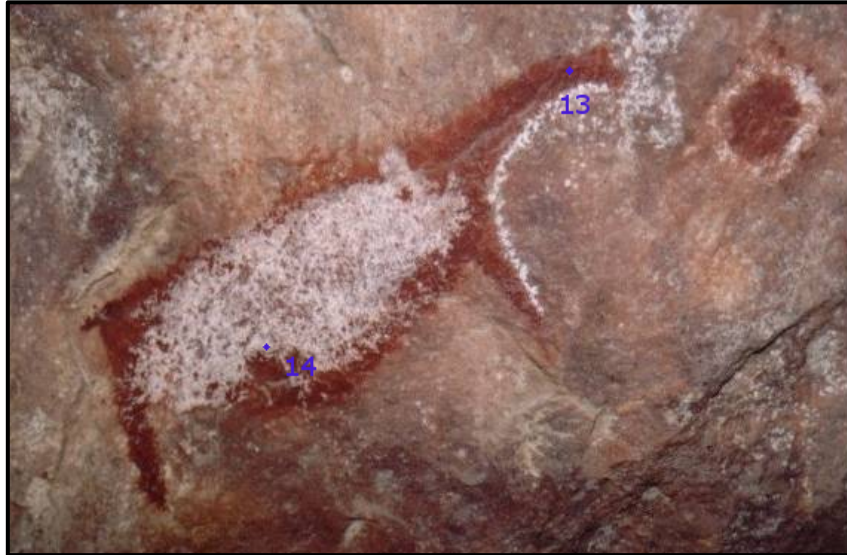


Figura 53: Motivo guanaco relleno, con lugar de muestreo, sitio cueva J/del Felino. Gentileza Dr. Rafael Paunero.



Figura 54: Panel con motivos de puntos/círculo naranja (muestra 25) y circular hecho de puntos rodeando líneas (muestra 28), sitio cueva Larga. Gentileza Dr. Rafael Paunero.



Figura 55: Panel con negativo de mano (muestra 29) y línea en forma de T (muestra 30), sitio La cocina. Gentileza Dr. Rafael Paunero.



Figura 56: Toma de muestra de motivo de línea (muestra 100), sitio La cocina. Nótese el hollín en la roca soporte. Gentileza Dr. Ariel Frank.



Figura 57: Muestreo de óvalo hecho con puntos (35 y 36), sitio cueva B. Gentileza Dr. Rafael Paunero.



Figura 58: Escena de guanacos corriendo, muestra 38 (vulva) y 37 (guanaco), sitio cueva B. Gentileza Dr. Rafael Paunero.



Figura 59: Muestreo de motivo de líneas y puntos, sitio cueva B. Gentileza Dr. Rafael Paunero.



Figura 60: Negativo de mano de bebé sobre negativo de mano de adulto, sitio cueva B. Gentileza Dr. Rafael Paunero.

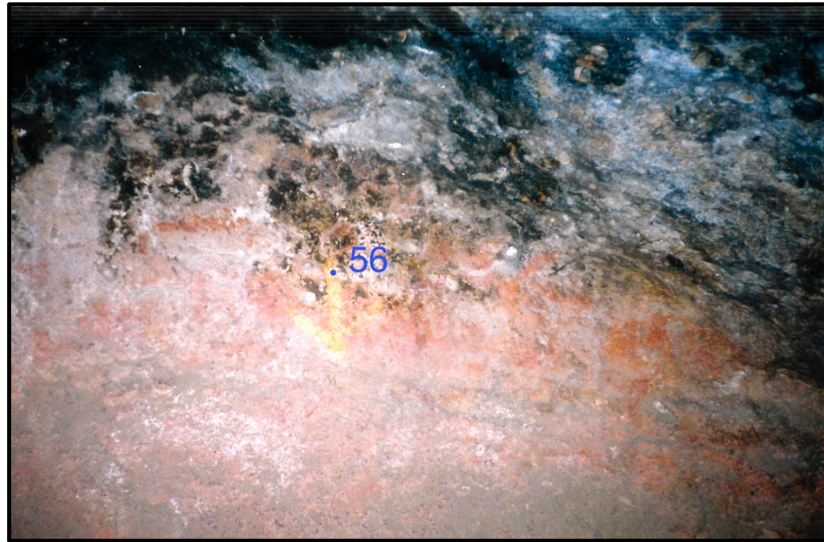


Figura 61: Muestreo de motivo tridigito, sitio cueva I. Gentileza Dr. Rafael Paunero.

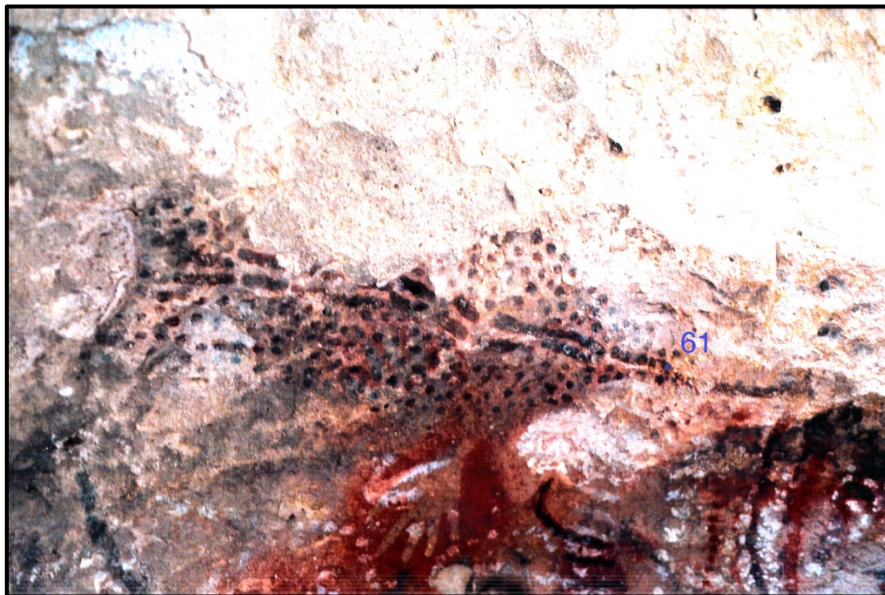


Figura 62: Motivo de felino, sitio cueva II. Gentileza Dr. Ariel Frank.

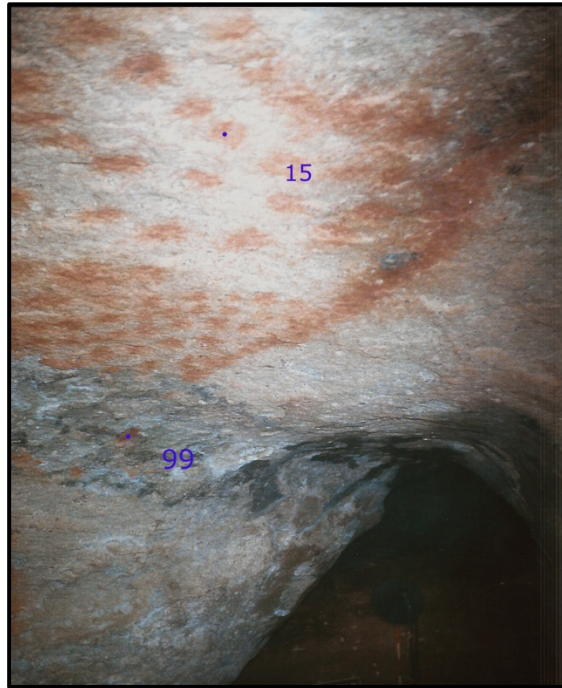


Figura 63: Puntos y líneas, sitio Cueva Túnel. Gentileza Dr. Rafael Paunero.

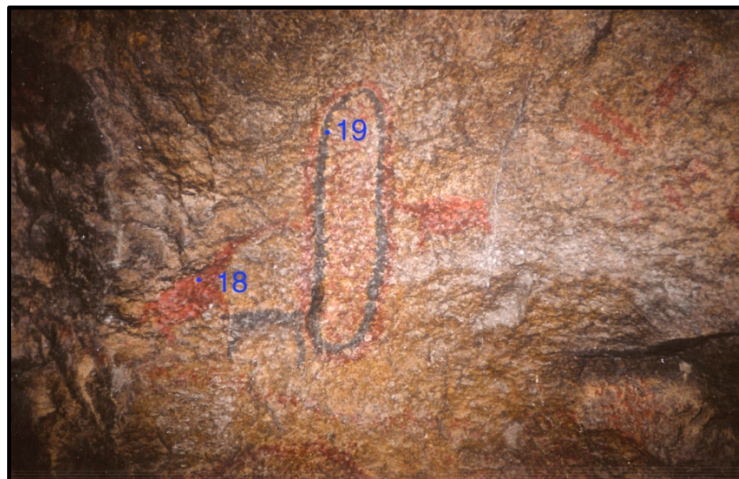


Figura 64: Guanaco tomando agua, sitio cueva H. Gentileza Dr. Rafael Paunero.



Figura 65: Guanaco tomando agua, sitio cueva H. Gentileza Dr. Rafael Paunero.

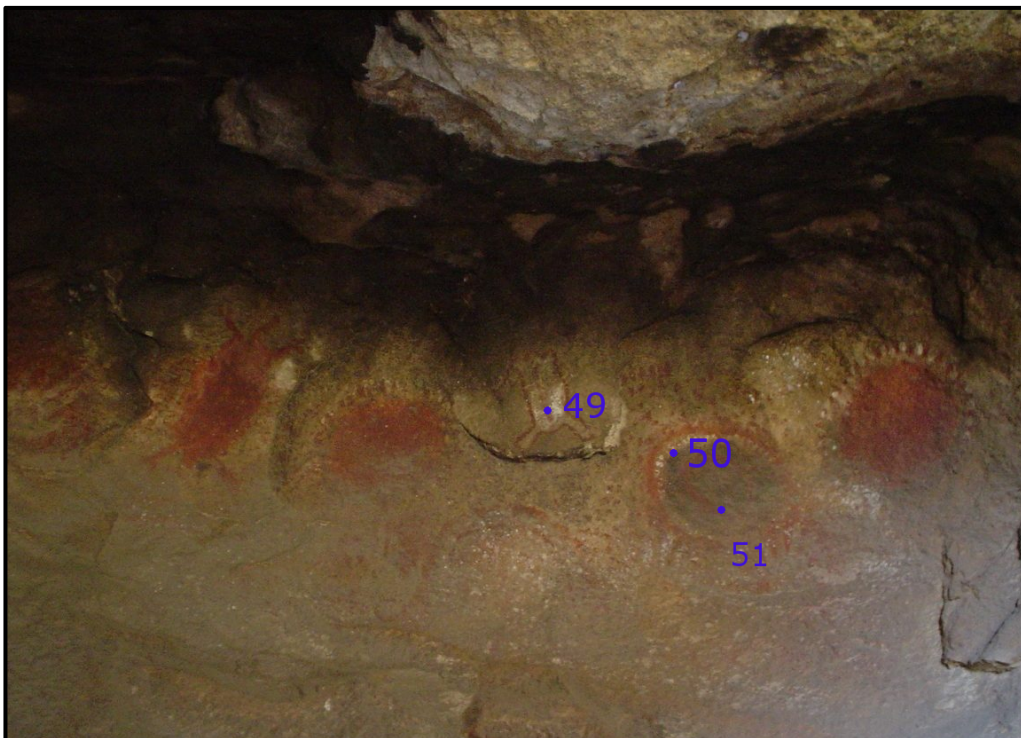


Figura 66: Muestreo de línea continua cerrada con puntos (muestra 49), sitio La Mesada. Gentileza Dr. Rafael Paunero.



Figura 67: Motivo cruciforme o sol, sitio Cueva I. Gentileza Dr. Rafael Paunero.



Figura 68: Muestreo de motivo antropomorfo, sitio cueva II. Gentileza Dr. Rafael Paunero.

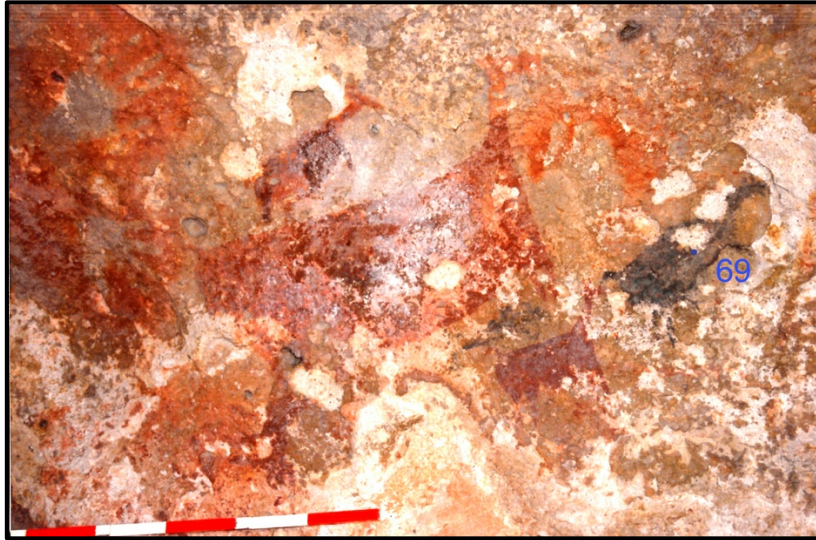


Figura 69: Motivo de guanaco, sitio cueva IV. Gentileza Dr. Rafael Paunero.



Figura 70: Negativo de mano, sitio Cueva I. Gentileza Dr. Ariel Frank.



Figura 71: Negativo de mano (103), sitio cueva Caballo Muerto. Gentileza Dr. Ariel Frank.



Figura 72: Negativo de mano (muestra 115), sitio Anfiteatro. Gentileza Dr. Rafael Paunero.



Figura 73: Negativo de mano (muestra 124) sobre motivo indeterminado, sitio Cueva I. Gentileza Dr. Ariel Frank.



Figura 74: Negativo de mano, sitio Cueva del Sol. Gentileza Dr. Ariel Frank.

B. Anexo de tablas

Tabla 1: muestras arqueológicas digitales analizadas en este trabajo.

Muestras digitales			
Nombre	Sitio	Tipo de motivo ²⁸	Fotografía del motivo
415-19-3 (am) ²⁹	J/del Felino	Óvalos/Guanaca delineada (líneas)	Figura 49
415-19-3 (rojo)	J/del Felino	Óvalos/Guanaca delineada (líneas)	
415-19-6	J/del Felino	Negativo de mano con puntos (puntos)	Figura 50
415-19-9	J/del Felino	Mano con puntos/Guanaquita (Puntos)	Figura 51
415-22-25	Larga	Puntos / círculo naranja	Figura 54
415-22-28	Larga	Circular hecho de puntos rodeando líneas	Figura 54
415-20-30	La Cocina	Línea en forma de T	Figura 55
415-12-35	B	Óvalo hecho con puntos	Figura 57
415-12-36	B	Óvalo hecho con puntos	Figura 57
415-12-38	B	Guanacos corriendo (vulva)	Figura 58
415-12-41	B	Líneas y puntos (línea de semicírculo)	Figura 59
415-1-56	I	Tridígito	Figura 61
415-2-61	II	Felino	Figura 62
415-19-83	J/del Felino	Líneas/Guanaca delineada (líneas)	Figura 49
415-20-100	La Cocina	Línea	Figura 56
Total de muestras:			15

Tabla 2: muestras arqueológicas a pincel analizadas en este trabajo.

Muestras a pincel			
Nombre	Sitio	Tipo de motivo ³	Fotografía del motivo
415-19-1	J/del Felino	Óvalos/guanaca delineada	Figura 49
415-19-7	J/del Felino	Mano con puntos/Guanaquita	Figura 51
415-19-12	J/del Felino	Guanaca embarazada	Figura 52
415-19-13	J/del Felino	Guanaco relleno	Figura 53
415-23-15	Tunel	Puntos y línea: ¿felino?	Figura 63
415-16-18	H	Guanaco tomando agua (guanaco)	Figura 64
415-16-19	H	Guanaco tomando agua (óvalo)	Figura 64
415-16-21	H	Guanaco tomando agua (guanaco/guanaco)	Figura 65
415-16-22	H	Guanaco tomando agua (guanaco/líneas)	Figura 65
415-12-37	B	Guanacos corriendo	Figura 58

²⁸ De acuerdo con las observaciones durante el muestreo realizadas *in situ* por el Dr. Ariel Frank y su equipo.

²⁹ La muestra 415-19-3 consta de dos fragmentos incluidos, uno de pintura amarilla y el otro, de color rojo. Para simplificar el análisis, se han considerado como dos muestras diferentes.

415-21-49	La Mesada	Línea continua cerrada (puntos)	Figura 66
415-1-58	I	Cruciforme o sol/¿guanaco?	Figura 67
415-2-59	II	Antropomorfo	Figura 68
415-4-69	IV	Guanaco	Figura 69
415-23-99	Tunel	Línea, motivo indeterminado	Figura 63
Total de muestras:			15

Tabla 3: muestras arqueológicas estarcidas analizadas en este trabajo.

Muestras estarcidas			
Nombre	Sitio	Tipo de motivo³	Fotografía del motivo
415-19-5	J/del Felino	Negativo de mano con puntos	Figura 50
415-19-8	J/del Felino	Mano con puntos/Guanaquita	Figura 51
415-20-29	La Cocina	Negativo de mano	Figura 55
415-12-40	B	Negativo de mano bebé/negativo de mano adulto	Figura 60
415-1-57	I	Negativo de mano	Figura 70
415-17-103	Cab. Muerto	Negativo de mano	Figura 71
415-10-115	Anfiteatro	Negativo de mano	Figura 72
415-1-124	I	Mano/indeterminado	Figura 73
415-18-135	del Sol	Negativo de mano	Figura 74
Total de muestras:			9

Tabla 4: esquema de las variables consideradas en el análisis morfológico micro-estratigráfico de las muestras.

Tipo de variable	Nombre	Descripción	Aplicación
Cualitativa	Color del estrato	Describe el color del estrato estudiado, según número de estrato.	Todos los estratos presentes.
	Textura	"Homogénea" indica un aspecto regular, sin diferencias perceptibles a la observación. "Heterogénea" indica irregularidades morfológicas y diferencias en la distribución de los elementos intraestrato.	Todos los estratos presentes.
	Granulometría	Describe el tamaño general de las partículas según la observación por microscopía óptica. "Fina": no se disciernen límites entre las partículas. "Media": se pueden distinguir gránulos. "Gruesa": los gránulos pueden medirse y estudiarse	Todos los estratos presentes.

		morfológicamente.	
	Presencia de inclusiones	Describe si hay inclusiones en el estrato y sus características más significativas (como color y forma).	Todos los estratos presentes.
	Aspecto y forma de la capa pictórica	Refiere si el estrato es continuo o discontinuo, si su espesor es regular o no en todo el corte y si tiene límites claros con estratos inferiores.	Todos los estratos presentes.
	Descripción de la roca soporte	Describe las características más significativas de la roca soporte, en el caso de hallarse en la micro-muestra.	Roca soporte.
Cuantitativa discreta	Cantidad de estratos	Indica el número de estratos presentes en la micro-muestra. A partir de ello, se considera una numeración ordinal que parte desde el más superficial (número 1), e incrementa hasta el estrato más cercano a la roca soporte. ³⁰ Puede incluir un rango de estratos (por ejemplo, de 1 a 3), en casos donde sea dudosa la presencia de superposiciones.	Todos los estratos.
Cuantitativa continua	Espesor promedio del primer estrato ³¹	Promedio de diez mediciones individuales del espesor ejecutadas sobre el primer estrato pintado, en micrómetros.	Primer estrato pintado.
	Desviación estándar de esas mediciones	Desviación estándar del conjunto de mediciones anteriores, en micrómetros.	Primer estrato pintado.
	Porcentaje de cobertura de ese estrato ³²	Indica cuantitativamente la relación entre la porción de la sección transversal cubierta por pintura y las partes del borde superior descubiertas.	Primer estrato pintado.

Tabla 5: interpretación de las variables consideradas.

Nombre de la variable	Interpretación de sus resultados
Color del estrato	Las comparaciones del color de los estratos a un nivel intermuestras permitiría inferir, dentro de un ámbito espacial restringido, conjuntos tonales que podrían deberse al uso de mezclas pigmentarias similares.

³⁰ Este orden numérico es convencional y se empleará en este trabajo para referir a cada estrato dentro de cada sección transversal.

³¹ Se considera al primer estrato pintado. Esto excluye de la medición a otros estratos de orígenes naturales u antrópicos que no estén vinculados estrechamente a la técnica pictórica de las pinturas (tales como depósitos de sales minerales o capas de hollín).

³² La ejecución de este análisis requiere la presencia de un estrato subyacente y/o roca soporte. En el caso de que la muestra consistiera únicamente en una capa pictórica, la medición no será realizada, ya que carecería de sentido.

Textura	Ídem anterior. Podría indicar variaciones en las técnicas de aplicación o el agregado de otros materiales en las mezclas pigmentarias.
Granulometría	Ídem anterior. También puede indicar distintos procesos de molienda involucrados.
Presencia de inclusiones	Puede indicar variaciones en los procesos de producción, tales como el agregado intencional de materias primas, la mezcla con otros materiales, contaminaciones en el proceso de molienda, etc.
Aspecto y forma de la capa pictórica	La continuidad, regularidad y cobertura de los estratos pictóricos podrían indicar el empleo de distintas formas de aplicación, aunque también pueden responder a otras condiciones, tales como el estado de conservación de las pinturas.
Descripción de la roca soporte	Es fundamental para comprender la morfología de estratos superiores y diferenciar entre ella y las capas pictóricas.
Cantidad de estratos	Identificar la cantidad de estratos y el orden de aplicación, permite comprender la estructura pictórica del motivo muestreado y su ejecución en una secuencia temporal.
Espesor promedio del primer estrato	Responde a la hipótesis de que distintas formas de aplicación de los estratos pictóricos generan rasgos micro-morfológicos capaces de ser medidos u observados. Permitiría establecer rangos de mediciones para el universo de pinturas muestreadas.
Desviación estándar de esas mediciones	En este contexto no responde a la precisión de las mediciones, sino que reflejaría la regularidad de la capa pictórica medida. Una mayor desviación estándar correspondería a una capa pictórica de mayor heterogeneidad en su espesor (con zonas más delgadas y otras más gruesas).
Porcentaje de cobertura de ese estrato	Podría indicar diferencias en las formas de aplicación, aunque también podría estar afectada por la toma de muestra y el estado de conservación de los motivos pintados.

Tabla 6: resumen de la formulación de las distintas mezclas pigmentarias utilizadas en la probeta experimental.

Color	Dilución "1" (más concentrada)	Dilución "2" (menos concentrada)
Negro	0,1 g de carbonilla molida en 0,8 ml de agua.	0,1 g de carbonilla molida en 1 ml de agua.
Blanco	0,1 g de mineral molido en 0,5 ml de agua.	0,1 g de mineral molido en 0,8 ml de agua.
Rojo	0,1 g de mineral molido en 0,2 ml de agua.	0,1 g de mineral molido en 0,5 ml de agua.

Tabla 7: resultados de los análisis químicos agrupados por técnica de aplicación (tomado y modificado de Frank et al., 2020). Todas estas muestras fueron incluidas en el conjunto analizado micro-morfológicamente en el apartado 4.1.2 de este trabajo.

Técnica de aplicación	Nombre	Color del motivo muestreado	Resultados MEB-EDS	Resultados Raman
Digital	415-19-3 am	Amarillo	<i>Amarillo:</i> C, O, Fe, Al, Si, S, Ca, Cl, Mg, Na, K. <i>Blanco:</i> C, O, Ca, Si, S, Cl	Hidróxido de hierro y whewellita
	415-19-3 rojo	Rojo	<i>Rojo:</i> C, O, Fe, Mg, Al, Si, K, Ca	Hematita
	415-19-83	Blanco	C, O, Al, Si, S, Mg, K, Ca, P, Fe, Na	Anatasa
A pincel	415-19-1	Rojo	C, O, Fe, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, Ca,	Whewellita, hematita, carbón (en partículas negras)

	415-16-21	Negro sobre rojo	Al, Ca, Cl, Fe, K, Mn, O, Si	Anhidrita, hematita, óxido de manganeso (lambda MnO + MnFeO)
	415-16-22	Negro sobre negro	-	Óxido de manganeso (lambda MnO + MnFeO)
	415-23-99	Rojo	-	Ortoclasa y hematita
Estarcido	415-19-5	Blanco	-	Yeso y anatasa
	415-20-29	Amarillo	Al, Fe, Si	Goethita, wedellita y cuarzo

Tabla 8: Resultados del análisis morfológico de las muestras de pinturas rupestres de técnica digital.

Resultados del análisis de las muestras digitales								
Nomenclatura y sitio		Variables generales			Análisis cualitativo de los estratos pictóricos			
Sigla	Sitio	Cantidad de estratos ³³	Color	Roca soporte	Textura	Granulometría	Inclusiones	Aspecto y forma de la capa pictórica
415-19-3 (am)	J/del Felino	1-3	1. Incolora, traslúcida. 2. Amarillo.	Presente, de color blanquecino. Quizás haya otra capa pictórica superior a la roca soporte	Homogénea	Fina	Se observan pequeñas inclusiones negras de forma redondeada	2. Capa continua, de espesor regular y buena cobertura de la roca. Se adapta a la forma del soporte
415-19-3 (rojo)	J/del Felino	2	1. Capa fina traslúcida. 2. Roja, con un sector de amarillo.	De color blanco y aspecto hialino	Heterogénea	Fina	Se observan pequeñas inclusiones negras de forma redondeada	2. Capa más fina que la anterior y de menor continuidad
415-19-6	J/del Felino	3	Capa 1: color gris verdoso, posiblemente traslúcida. Capa 2: negro. Capa 3: rojo	Prácticamente no se puede analizar, hay una porción muy pequeña	1: heterogénea. 2: homogénea. 3: homogénea	1: fina. 2: fina a media. 3: fina	Inclusiones en capa 1: negras, redondeadas y pequeñas. Naranjas, redondeadas y ubicadas cercanas entre sí	Capa 1 muy gruesa, de espesor similar y cobertura total. Capa 2: muy delgada, discontinua, con espesor mayor en el lado derecho, con gránulos de mayor tamaño aparentemente, que en el izquierdo. Capa 3: buena cobertura y espesor regular

³³ Esta variable presenta rangos o alternativas en los casos dudosos o que requerirían de otros estudios para su determinación.

415-19-9	J/del Felino	1	Capa muy delgada negra	Se observan la matriz rocosa blanca y gránulos grande, posiblemente de cuarzo	Heterogénea	Media.	No	Capa discontinua y de poca cobertura
415-22-25	Larga	2-3	Capa 1: negra. Capa 2: equivalente a la anterior, blanca. Capa 3: naranja rojizo	No se observa	Heterogénea las 3 capas	Fina	No	1: capa discontinua. Capa 2: discontinua, al mismo nivel que la 1. A 500x se ve una mezcla entre las dos capas. 3: de forma irregular, adaptada a la supuesta forma de la roca soporte
415-22-28	Larga	1	Negro	Roca de aspecto hialino, con un centro más opaco y la periferia opalescente, especialmente el borde superior	Homogénea	Media	No	Capa con algunas discontinuidades, muy delgada.
415-20-30	La Cocina	1	Rojo	No se observa	Homogénea	Media	No	Capa gruesa
415-12-35	B	1-2	1: rojo. 2: blanco	Casi todo es aparentemente cuarzo, con algunas partes blancas de la ignimbrita	Heterogénea	Fina	No.	1: capa muy delgada, con pocas discontinuidades. 2: capa discontinua, con un lado bastante más grueso que el otro. Se mezclan ambas capas
415-12-36	B	3	1: blanco. 2: rojo. 3: blanco	Similar a la anterior, con muchas secciones de cuarzo	Heterogénea	Fina.	No	1: capa que varía el grosor y la cobertura a lo largo del corte. 2: capa de espesor más homogéneo, buena cobertura y se mezcla en algunas partes con la 1. 3: capa muy delgada, en

								contacto con la roca
415-12-38	B	1	Rojo	Aspecto hialino, con una línea horizontal que parece un estrato	Homogénea	Fina.	No	Varía el grosor y la cobertura. La capa pictórica está expuesta solamente en la parte izquierda de la muestra. A la derecha, hay transparencia de un estrato profundo y/o un estrato de depósito mineral
415-12-41	B	1	Rojo	Aspecto hialino. ¿Teñida de rosado?	Homogénea	Fina	No	Muy delgada, quizás fue sensible al agua
415-1-56	I	1	Amarillo	Con varios granos de cuarzo y matriz blanquecina	Heterogénea	Media	No	Capa fina, con zonas de mayor espesor y algunas discontinuidades
415-2-61	II	1	Negro rojizo	No se observa	Heterogénea	Media y gruesa	No	Capa gruesa, no se puede evaluar cobertura porque no se muestreó roca soporte. Espesor varía mucho
415-19-83	J/del Felino	1	Blanco	Se observa la matriz rocosa blanquecina, con líneas grises	Heterogénea	Fina	Sí, partículas negras	Capa gruesa, de formato irregular, con cúspides. Buena cobertura y continuidad
415-20-100	La Cocina	2-4	1. Rojo. 2. Blanco (está al mismo nivel o antes que la roja, difícil interpretar). 3. blanco. 4. negro	No se observa	Heterogénea	Fina a gruesa	Sí, gránulos negros y aparentemente cuarzo	1. Capa muy gruesa, compleja, con fisuras y mezclas con capa 2 y negro. Buena cobertura y continuidad, aunque no hay roca soporte

Tabla 9: Mediciones de las muestras digitales. En rojo se destacan los valores atípicos.

Mediciones de muestras digitales				
Nombre	Promedio (μm)	Desv. Est. (μm)	Coefficiente de variación	Porcentaje de cobertura
415-12-41	1,5	0,7	45,28%	48,79%
415-19-9	2,4	1,0	40,59%	21,60%
415-12-35	2,5	0,9	34,03%	97,72%
415-19-6	3,0	1,3	43,95%	60,06%
415-12-36	6,2	2,0	31,41%	72,61%
415-19-3 roja	6,4	2,3	36,23%	86,22%
415-22-28	6,5	2,6	39,90%	NO
415-12-38	10,3	1,8	17,40%	46,12%
415-1-56	13,2	3,1	23,57%	74,24%
415-22-25	16,5	11,0	66,94%	NO
415-19-3 am	19,2	4,6	23,89%	100%
415-19-83	35,8	9,4	26,20%	81,96%
415-2-61	82,0	34,1	42,67%	NO
415-20-30	115,0	15,0	13,03%	NO
415-20-100	231,9 ³⁴	48,4	20,87%	NO
Promedio (μm)	36,8			
Desviación estándar (μm)	63,1			
Mediana (μm)	10,3			

Tabla 10: Resultados del análisis morfológico de las muestras de pinturas rupestres de técnica a pincel.

Resultados del análisis de las muestras a pincel								
Nomenclatura y sitio		Variables generales			Análisis cualitativo de los estratos pictóricos			
Sigla	Sitio	Cantidad de estratos	Color	Roca soporte	Textura	Granulometría	Inclusiones	Aspecto y forma de la capa pictórica
415-19-1	J/del Felino	1	Rojo	No se observa	Heterogénea	Fina	Sí, de color negro	Gruesa, sin roca soporte, no se puede evaluar cobertura

³⁴ Las mediciones de espesor promedio de las muestras 61, 30 y 100 (en color rojo en la tabla) son valores atípicos para el conjunto estudiado.

415-19-7	J/del Felino	1-2	Naranja. Fina capa negra superficial	Aspecto hialino, con inclusión naranja y líneas negras	Homogénea	Fina	No	Regular y continua
415-19-12	J/del Felino	1	Rojo	No se observa	Heterogénea	Fina a media	Sí, negras (o mezcla con pintura negra)	Gruesa, sin roca soporte, no se puede evaluar cobertura
415-19-13	J/del Felino	1-3	Rojo	Aspecto hialino	Heterogénea	Fina	No	Continua y con buena cobertura. De espesor regular
415-23-15	Tunel	1	Naranja	Aspecto hialino	Homogénea	Fina	No	Muy fina
415-16-18	H	1	Rojo	No se observa	Heterogénea	Fina a media	Sí, negras y blancas	Muy gruesa y con abundancia de inclusiones. No se puede evaluar cobertura
415-16-19	H	1	Negro	Color anaranjado	Homogénea	Media	No	Fina, discontinua e irregular. Con zonas de mayor espesor
415-16-21	H	2	1: negro. 2: rojo.	Aspecto hialino	Homogénea	1. Media 2.Fina	No	1: un poco más gruesa que la roja y más discontinua, regular. 2: más fina y de mayor cobertura
415-16-22	H	1	Negro	No se observa	Heterogénea	Fina a media	No	Es una capa muy gruesa. No se puede evaluar cobertura
415-12-37	B	1	Rojo	Aspecto hialino, con una formación de aspecto de estrato blanco en la parte inferior	Homogénea	Fina	No	Buena cobertura, se adapta bien al soporte, es más pronunciada donde el soporte sobresale
415-	La	2	1: negro.	No se	Heterogénea	Fina a media	No	No se puede evaluar

21-49	Mesada		2: blanco	observa				cobertura. Capa negra delgada y discontinua, capa blanca gruesa y heterogénea
415-1-58	I	1	Amarillo	No se observa	Heterogénea	Gruesa	No	No se puede evaluar cobertura. Capa muy gruesa
415-2-59	II	2	1: rojo. 2: negro	Aspecto hialino	Homogénea	Fina a media	No	1: sólo presente en un pequeño espacio de la muestra. 2: irregular, con cobertura parcial
415-4-69	IV	1	Negro	Aspecto hialino, con líneas	Homogénea	Fina	No	Tiene cobertura incompleta, el espesor varía de muy fino a fino
415-23-99	Tunel	1	Rojo	Blanca	Homogénea	Fina	No	Buena cobertura, con acumulación en depresiones del soporte. En general, delgada

Tabla 11: mediciones de las muestras a pincel, ordenadas de acuerdo a los valores de espesor promedio de la primera capa pictórica.

Mediciones de las muestras a pincel				
Nombre	Promedio (μm)	Desv. Est. (μm)	Coefficiente de variación	Porcentaje de cobertura
415-23-15	4,2	1,3	30,67%	85,45%
415-4-69	5,6	2,0	36,55%	65,09%
415-16-21	6,3	2,0	31,03%	76,14%
415-23-99	10,6	7,2	67,72%	93,79%
415-19-13	13,3	3,9	29,03%	97,88%
415-12-37	13,7	4,3	31,04%	94,96%
415-2-59	17,2	10,1	58,66%	78,31%
415-19-7	21,6	4,9	22,78%	93,59%

415-19-1	27,4	14,5	53,04%	No
415-21-49	30,9	8,4	27,20%	No
415-16-19	38,4	15,4	40,00%	74,87%
415-19-12	85,4	34,7	40,65%	No
415-1-58	131,1	14,2	10,85%	No
415-16-22	161,9	43,3	26,77%	No
415-16-18	187,3	40,0	21,40%	No
Promedio (μm)	50,3			
Desviación estándar (μm)	62,0			
Mediana (μm)	21,6			

Tabla 12: Resultados del análisis morfológico de las muestras de pinturas rupestres de técnica estarcida.

Resultados del análisis de las muestras estarcidas								
Nomenclatura y sitio		Variables generales			Análisis cualitativo de los estratos pictóricos			
Sigla	Sitio	Cantidad de estratos	Color	Roca soporte	Textura	Granulometría	Inclusiones	Aspecto y forma de la capa pictórica
415-19-5	J/del Felino	1	No	No se distingue bien si es roca soporte o si es capa pictórica	No	No	No	No
415-19-8	J/del Felino	2	1: negro. 2: naranja	No se observa	Heterogénea	Fina a media	Sí, mezclas con blanco	1: delgada y continua. 2: más gruesa, muy heterogénea
415-20-29	La Cocina	1	Amarillo	Blanca, hialina	Homogénea	Fina	Sí, negras, de gran tamaño	Delgada, con algunas discontinuidades, mayor cantidad en depresiones del soporte
415-12-40	B	1-2	Negra	Difícil distinguir entre capa pictórica y roca soporte	Heterogénea	Media a gruesa	Sí	Gruesa y continua
415-1-57	I	3	1: depósito natural. 2: blanco. 3: rojo	No se observa	Blanco: homogénea. Rojo:	Fina. Rojo: fina a media	No	1: se encuentra en una parte de la muestra. 2:

					heterogénea			continua, se adapta a la morfología subyacente. 3: gruesa
415-17-103	Cab. Muerto	2	1. blanca/traslúcida. 2. Negra	Hialina, con gránulos de cuarzo	Homogénea	Fina	No	1: varía el espesor. 2: discontinua, fina, mayor espesor en una depresión
415-10-115	Anfiteatro	1	No	Difícil distinguir entre capa y roca soporte	No	No	No	No
415-1-124	I	5-6	1. Blanca, puede tener una capa de sales minerales encima. 2. capa translúcida (quizás un artefacto de la inclusión). 3: Rojo. 4: rosado. 5: blanco grisáceo. 6: blanco	En la foto es la primera capa (está incluida al revés)	Heterogénea	Fina	Sí, negras	1,2,3 y 4 son continuas, de espesores similares y regulares. 5 y 6 cubren solamente una parte, quizás forman parte de otro tipo de motivo (más discreto, como una línea o punto)
415-18-135	del Sol	3	1: translúcida, puede ser un depósito de sales o similar. 2: roja. 3: amarilla	Aspecto hialino	Heterogénea	Fina	No	Capas con algunas discontinuidades, muy finas. La capa 3 quizás sea una infiltración de color en la roca

Tabla 13: mediciones de las muestras estarcidas.

Mediciones de las muestras estarcidas				
Nombre	Promedio (µm)	Desv. Est. (µm)	Coefficiente de variación (%)	Porcentaje de cobertura
415-18-135	5,4	1,3	24,58	90,22%
415-17-103	7,1	1,9	26,67	59,83%
415-12-40	10,9	3,3	30,15	100,00%
415-19-8	19,4	6,4	32,97	NO
415-20-29	23,7	11,3	47,67	91,49%
415-1-124	31,4	9,5	30,21	100,00%
415-1-57	53,1	19,8	37,21	NO
Promedio (µm)	21,6			

Desviación estándar (μm)	16,6	
Mediana (μm)	19,4	

Tabla 14: mediciones de las muestras experimentales digitales.

Mediciones de las muestras experimentales digitales				
Nombre	Promedio (μm)	Desv. Est. (μm)	Coefficiente de variación (%)	Porcentaje de cobertura (%)
ND1	10,5	4,6	43,78	70,14
RD2	16,7	7,2	42,81	95,51
RD1	19,8	10,9	54,79	100,00
ND2	24,6	14,1	57,29	54,03
BD1	No	No	No	No
BD2	No	No	No	No
BD1bis	No	No	No	No
BD2bis	No	No	No	No
Promedio (μm)	17,9			
Desviación estándar (μm)	5,9			
Mediana (μm)	18,3			

Tabla 15: mediciones de las muestras experimentales a pincel.

Mediciones de las muestras experimentales a pincel				
Nombre	Promedio (μm)	Desv. Est. (μm)	Coefficiente de variación (%)	Porcentaje de cobertura (%)
RP1	6,0	3,1	50,75	84,19
NP2	15,8	3,8	24,32	27,45%
RP2	18,5	6,4	34,63	57,01
NP1	50,2	13,5	26,82	88,88%
BP1	No	No	No	No
BP2	No	No	No	No
BP1bis	No	No	No	No
BP2bis	No	No	No	No
Promedio (μm)	22,6			
Desviación estándar (μm)	19,2			
Mediana (μm)	17,1			

Tabla 16: Tabla con los valores de espesor promedio por técnica de aplicación representados en el gráfico 5.1, con restricción de los valores atípicos. Se muestran algunos parámetros estadísticos para cada conjunto de muestras arqueológicas.

Espesor promedio de muestras a pincel		Espesor promedio de muestras estarcidas		Espesor promedio de muestras digitales (restringido)			
Sigla	Espesor promedio (μm)	Sigla	Espesor promedio (μm)	Sigla	Espesor promedio (μm)		
415-23-15	4,2	415-18-135	5,4	415-12-41	1,5		
415-4-69	5,6	415-17-103	7,1	415-19-9	2,4		
415-16-21	6,3	415-12-40	10,9	415-12-35	2,5		
415-23-99	10,6	415-19-8	19,4	415-19-6	2,3		
415-19-13	13,3	415-20-29	23,7	415-12-36	6,2		
415-12-37	13,7	415-1-124	31,4	415-19-3 roja	6,4		
415-2-59	17,2	415-1-57	53,1	415-22-28	6,5		
415-19-7	21,6			415-12-38	10,3		
415-19-1	27,4			415-1-56	13,2		
415-21-49	30,9			415-22-25	16,5		
415-16-19	38,4			415-19-3 am	19,2		
415-19-12	85,4			415-19-83	35,8		
415-1-58	131,1						
415-16-22	161,9						
415-16-18	187,3						
Promedio (μm)	50,3			Promedio (μm)	21,6	Promedio (μm)	10,3
Desviación estándar (μm)	62,0			Desviación estándar (μm)	16,6	Desviación estándar (μm)	9,9
Mediana (μm)	21,6	Mediana (μm)	19,4	Mediana (μm)	6,4		
Rango (μm)	183,0	Rango (μm)	47,7	Rango (μm)	34,3		

Tabla 17: Comparación de valores de porcentaje de cobertura promedio y de coeficiente de variación promedio, con sus respectivos mínimos y máximos, para los tres conjuntos de muestras arqueológicas estudiados.

Conjunto	Porcentaje de cobertura ³⁵ promedio (%)	Porcentaje de cobertura mín. y máx. (%)	Coficiente de variación promedio (%)	Coficiente de variación mín. y máx. (%)
Digital	68,93 (n = 10)	21,60 - 100,00	33,73 (n = 15)	13,03 - 66,94
A pincel	84,45 (n = 9)	65,09 - 97,88	35,16 (n = 15)	10,85 - 67,72
Estarcido	88,31 (n = 5)	59,83 - 100,00	32,78 (n = 7)	24,58 - 47,67

³⁵ Se recuerda que el cálculo del porcentaje de cobertura de una capa pictórica requiere la presencia de un estrato subyacente o de la roca soporte. Por ello, los casos calculados son menores a la cantidad total de muestras en cada conjunto.

Tabla 18: comparación de parámetros estadísticos del espesor promedio de los estratos estudiados en las muestras experimentales.

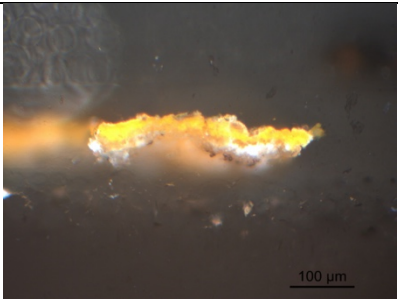
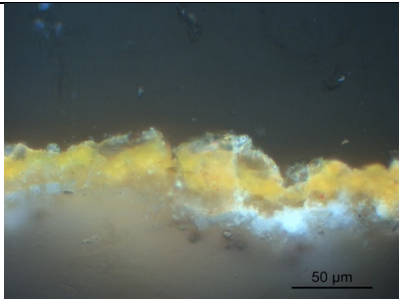
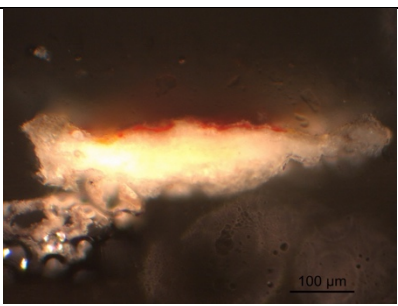
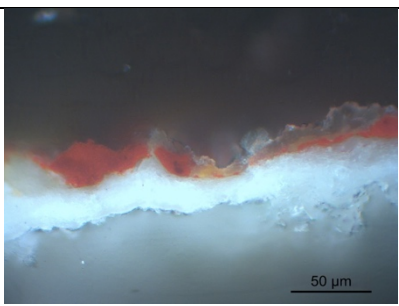
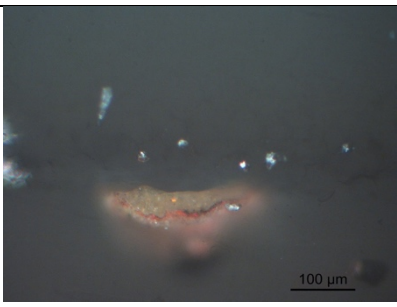
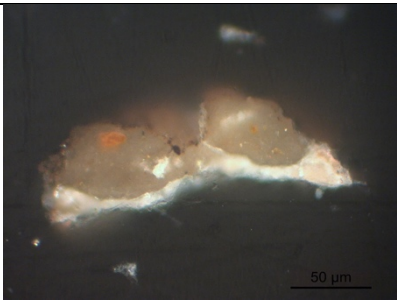
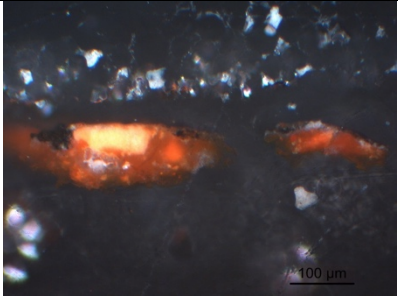
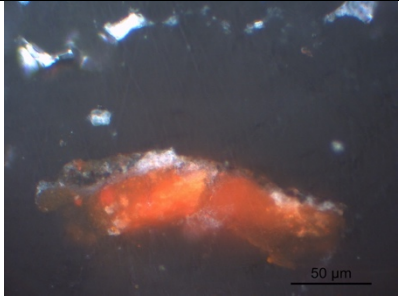
Conjunto experimental	Promedio (μm)	Rango (μm)	Desv. Est. (μm)	Mediana (μm)
Digital (n = 4)	17,9	14,1	5,9	18,3
A pincel (n = 4)	22,6	44,2	19,2	17,1

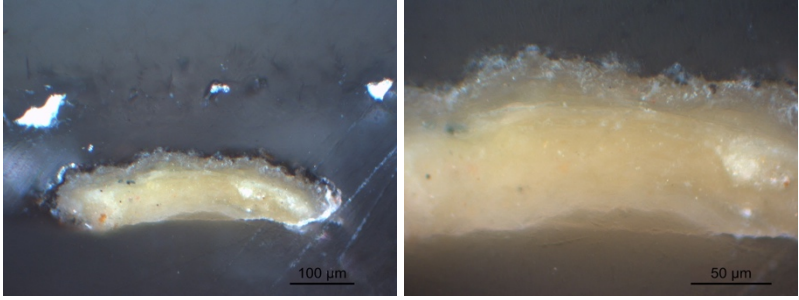
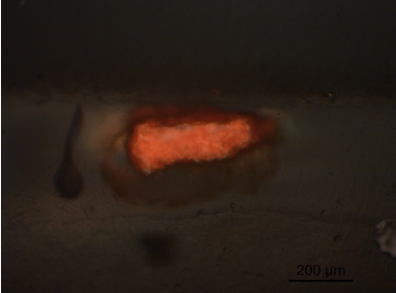
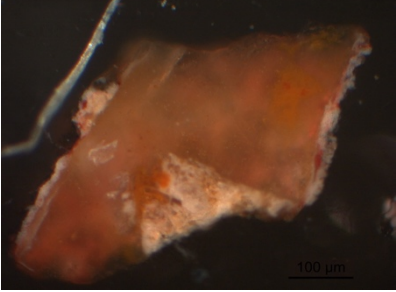
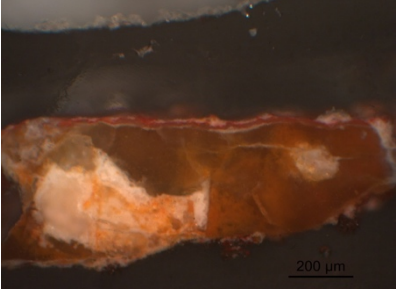
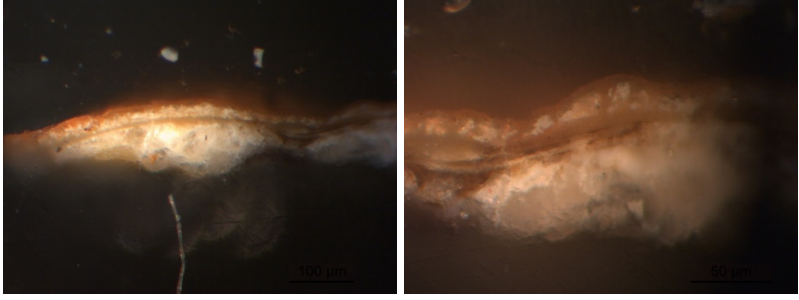
Tabla 19: comparación de valores de porcentaje de cobertura promedio y de coeficiente de variación promedio, con sus respectivos mínimos y máximos, para los dos conjuntos de muestras experimentales estudiados.



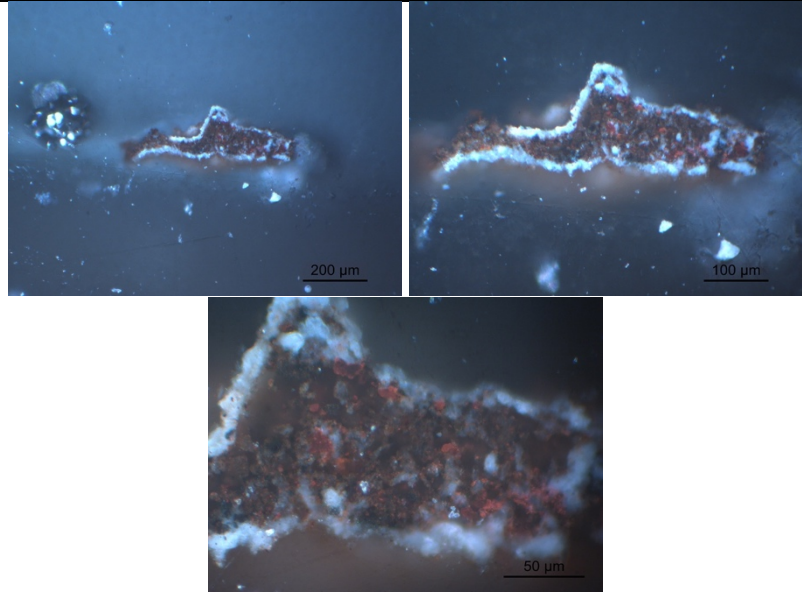
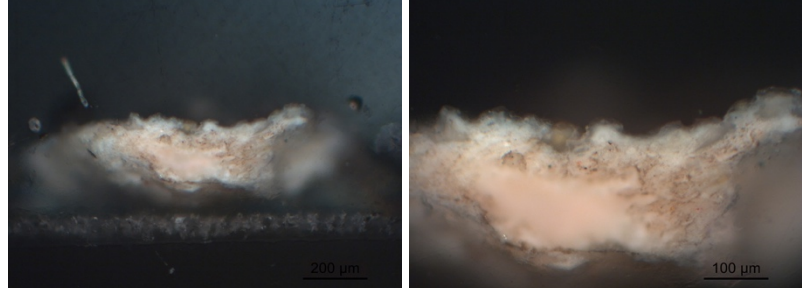
Conjunto experimental	Porcentaje de cobertura promedio (%)	Porcentaje de cobertura mín. y máx. (%)	Coficiente de variación promedio (%)	Coficiente de variación mín. y máx. (%)
Digital (n = 4)	79,92	54,03 - 100,00	49,67	42,81 - 57,29
A pincel (n = 4)	64,38	27,45 - 88,88	34,13	24,32 - 50,75

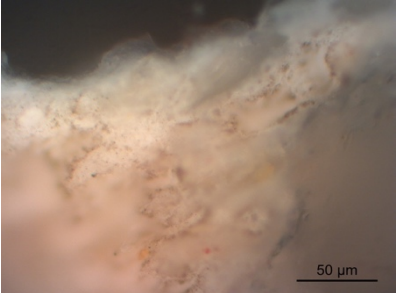
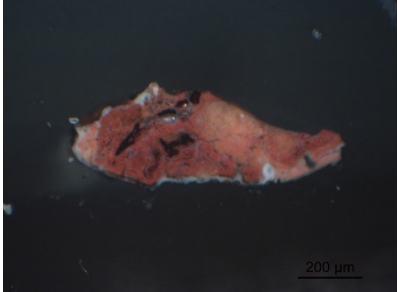
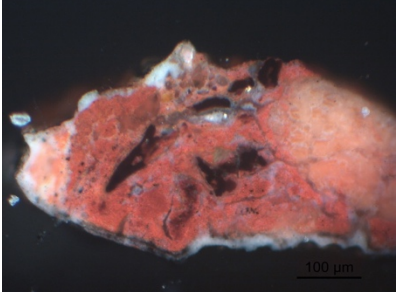
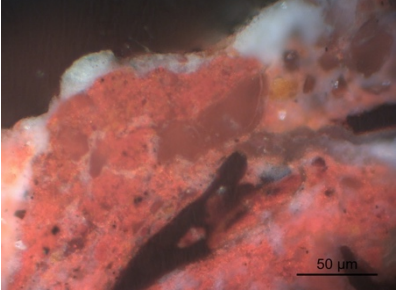
C. Micrografías de las muestras de pinturas rupestres de La María estudiadas en este trabajo

Micrografías de las muestras arqueológicas digitales

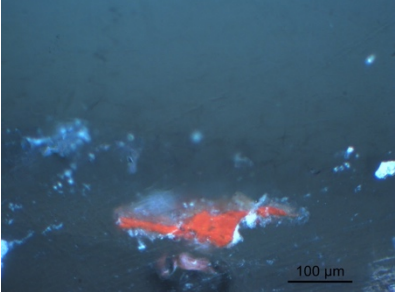
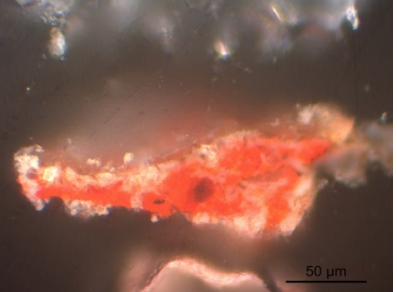
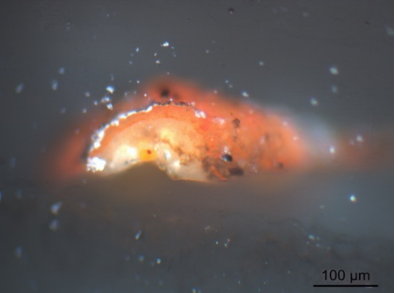
Nombre/ aumento	Sitio	Micrografías	
415-19-3 (am) / 200X y 500X	J/del Felino		
415-19-3 (rojo) / 200X y 500X	J/del Felino		
415-19-6 / 200X	J/del Felino		
415-19-9 / 500X	J/del Felino		
415-22-25 / 200X y 500X	Larga		

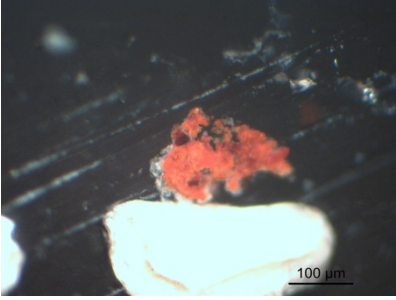
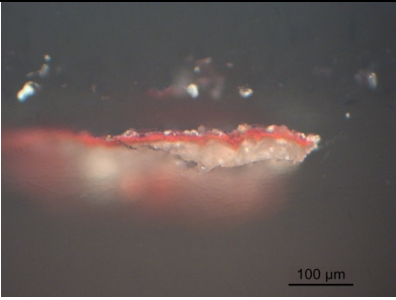
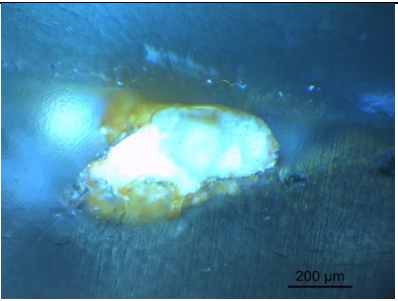
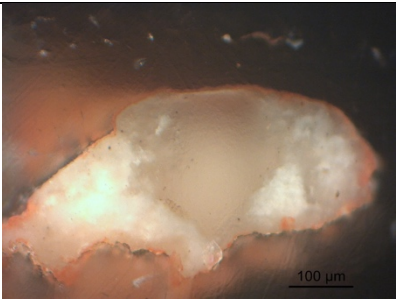

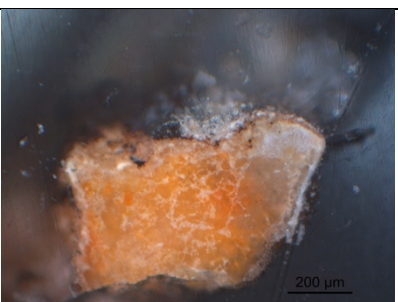
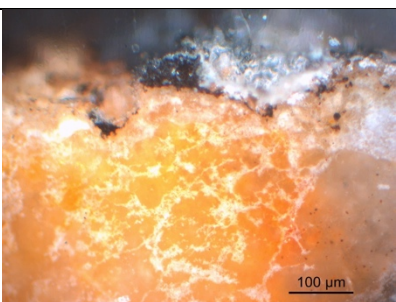
<p>415-22-28 / 200X y 500X</p>	<p>Larga</p>	
<p>415-20-30 / 100X</p>	<p>La Cocina</p>	
<p>415-12-35 / 200X</p>	<p>B</p>	
<p>415-12-36 / 200X</p>	<p>B</p>	
<p>415-12-38 / 200X y 500X</p>	<p>B</p>	

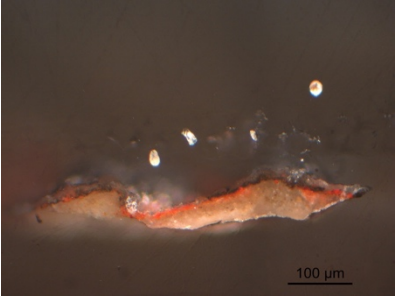
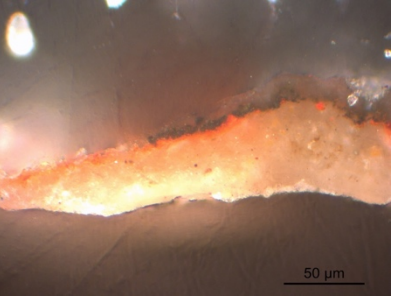
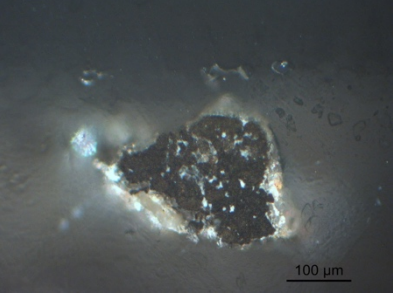
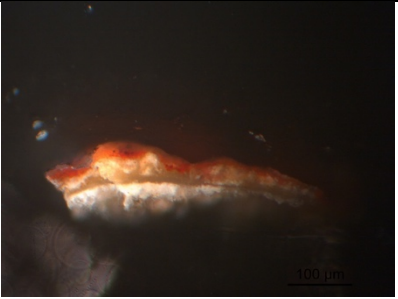
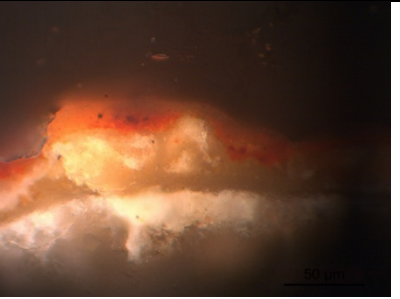
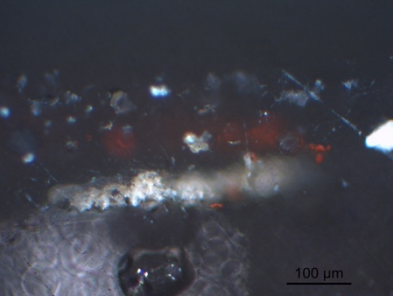
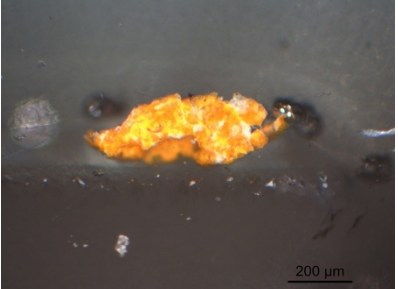
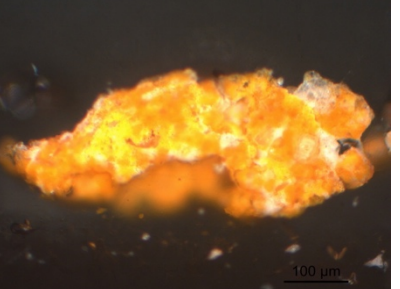
<p>415-12-41 / 200X</p>	<p>B</p>	
<p>415-1-56 / 100X, 200X y 500X</p>	<p>I</p>	
<p>415-2-61 / 100X, 200X y 500X</p>	<p>II</p>	
<p>415-19-83 / 100X, 200X y 500X</p>	<p>J/del Felino</p>	

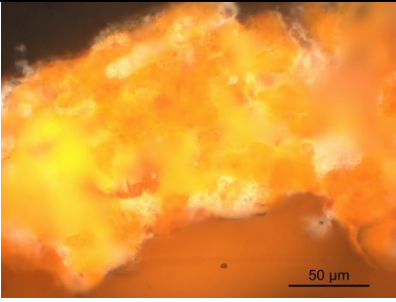
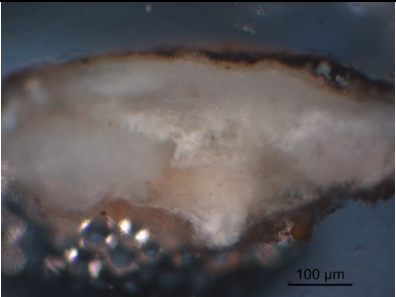
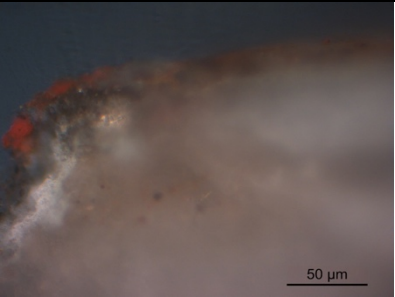
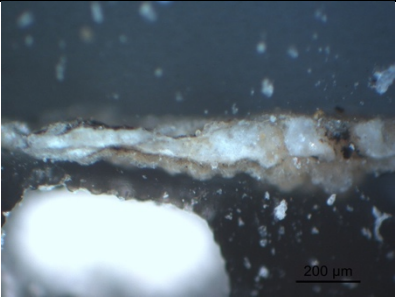
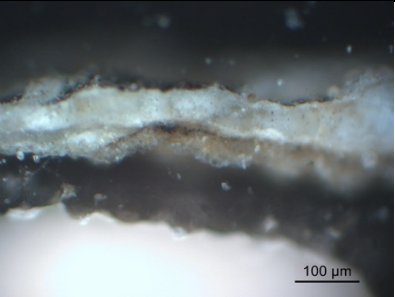
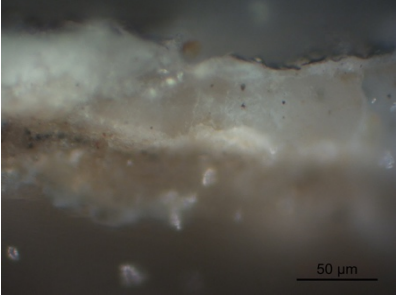
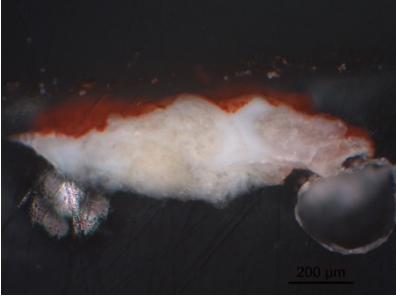
		
415-20-100	La Cocina	  

Micrografías de las muestras arqueológicas a pincel

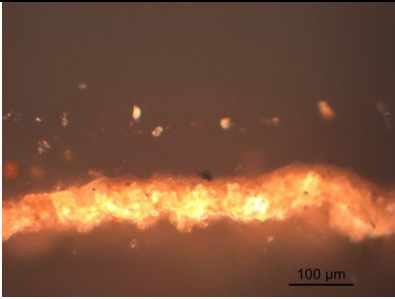
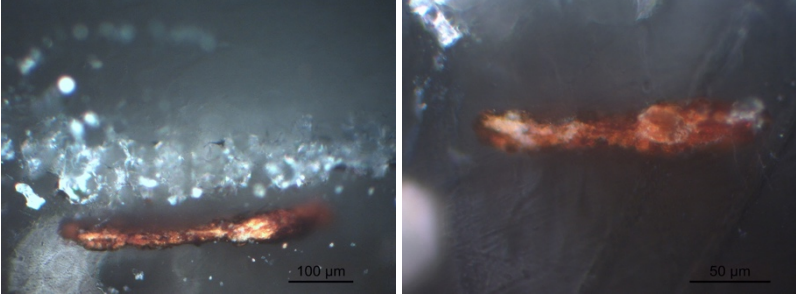
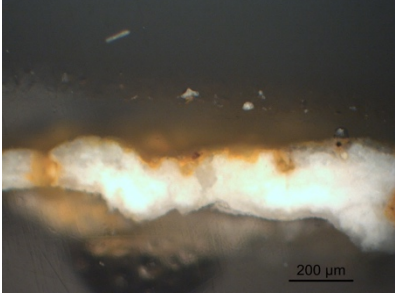
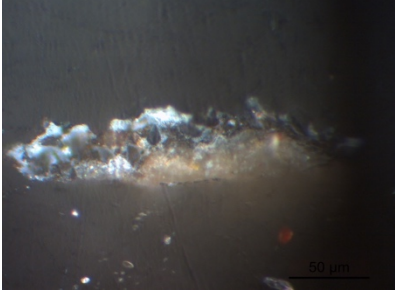
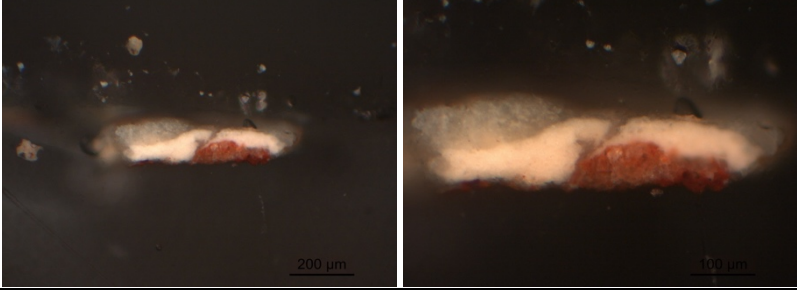
Nombre/aumento	Sitio	Micrografías
415-19-1 /200X y 500X	J/del Felino	 
415-19-7 /200X	J/del Felino	

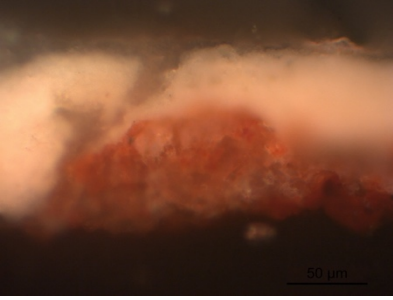
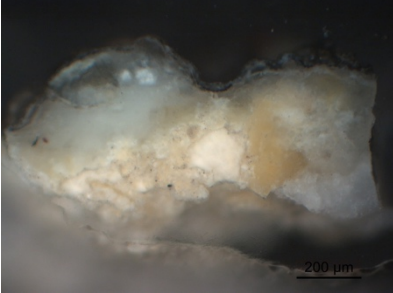
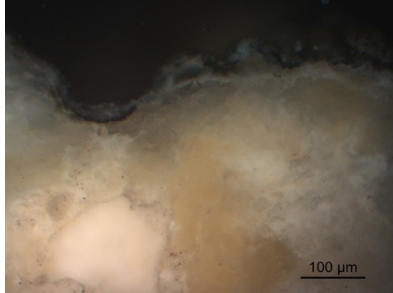
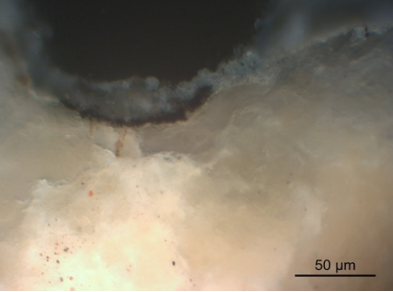
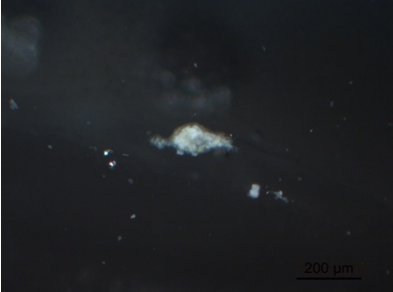
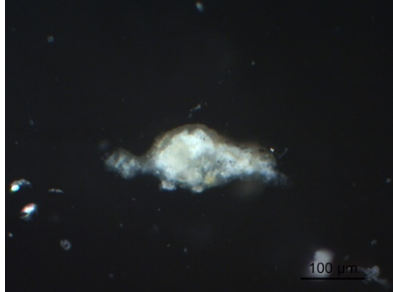
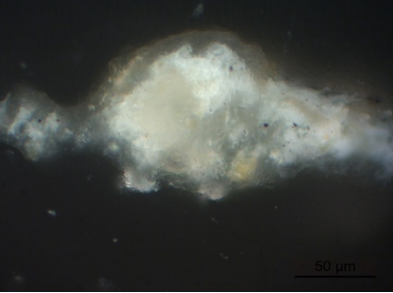
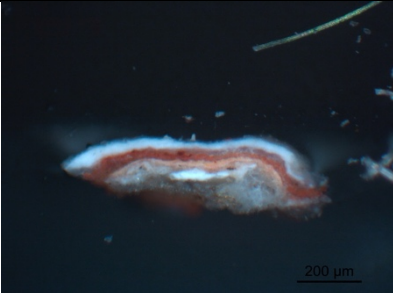
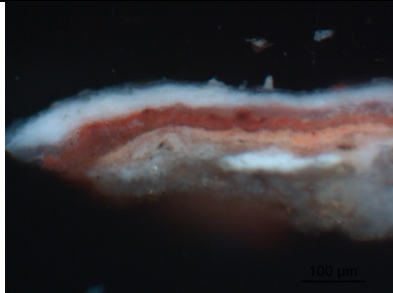
415-19-12 /200X	J/del Felino		
415-19-13 /200X	J/del Felino		
415-23-15 / 100X (UV) y 200X	Tunel		
415-16-18 /200X	H		
415-16-19 / 100X y 200X	H		

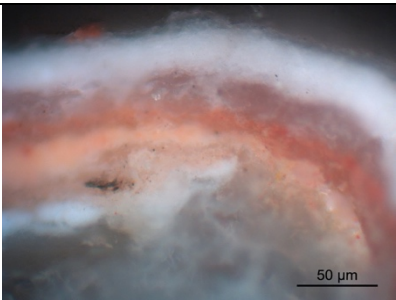
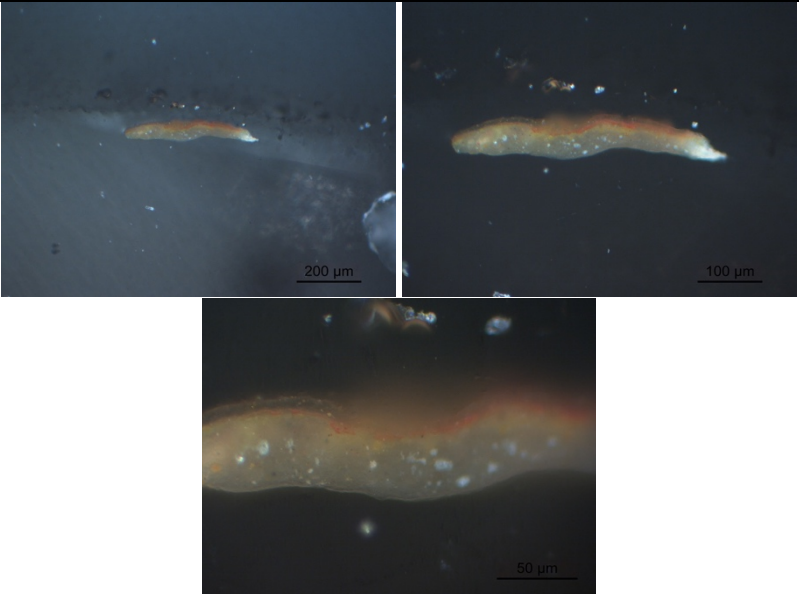
<p>415-16-21 / 200X y 500X</p>	<p>H</p>		
<p>415-16-22 / 200X</p>	<p>H</p>		
<p>415-12-37 / 200X y 500X</p>	<p>B</p>		
<p>415-21-49 / 200X</p>	<p>La Mesada</p>		
<p>415-1-58 / 100X, 200X y 500X</p>	<p>I</p>		

		
415-2-59 / 200X y 500X	II	 
415-4-69 / 100X, 200X y 500X	IV	  
415-23-99 / 100X	Tunel	

Micrografías de las muestras arqueológicas estarcidas

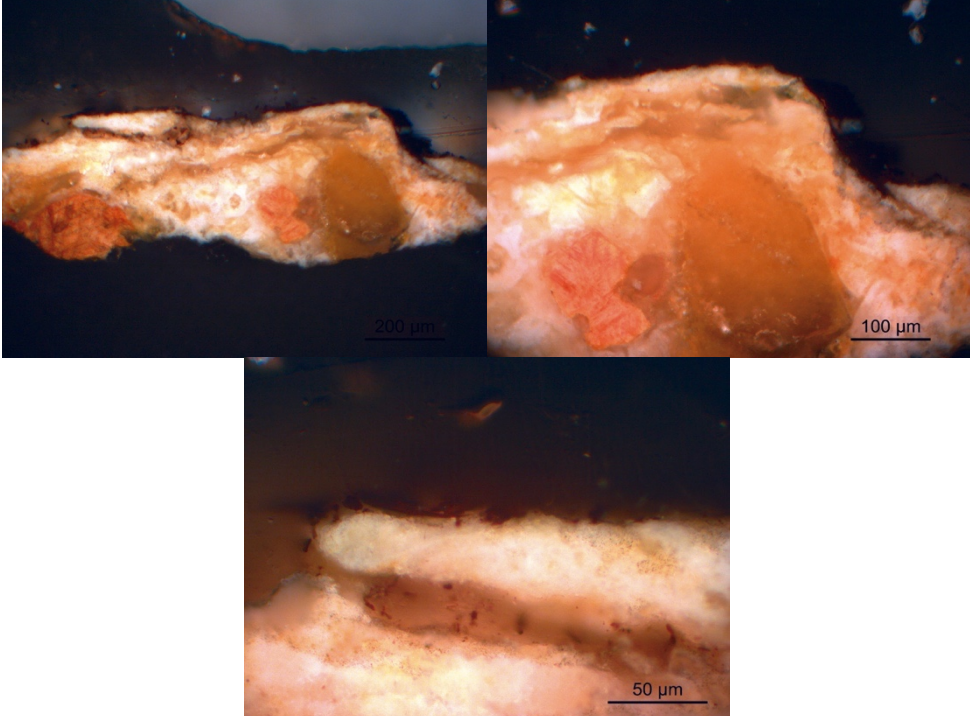
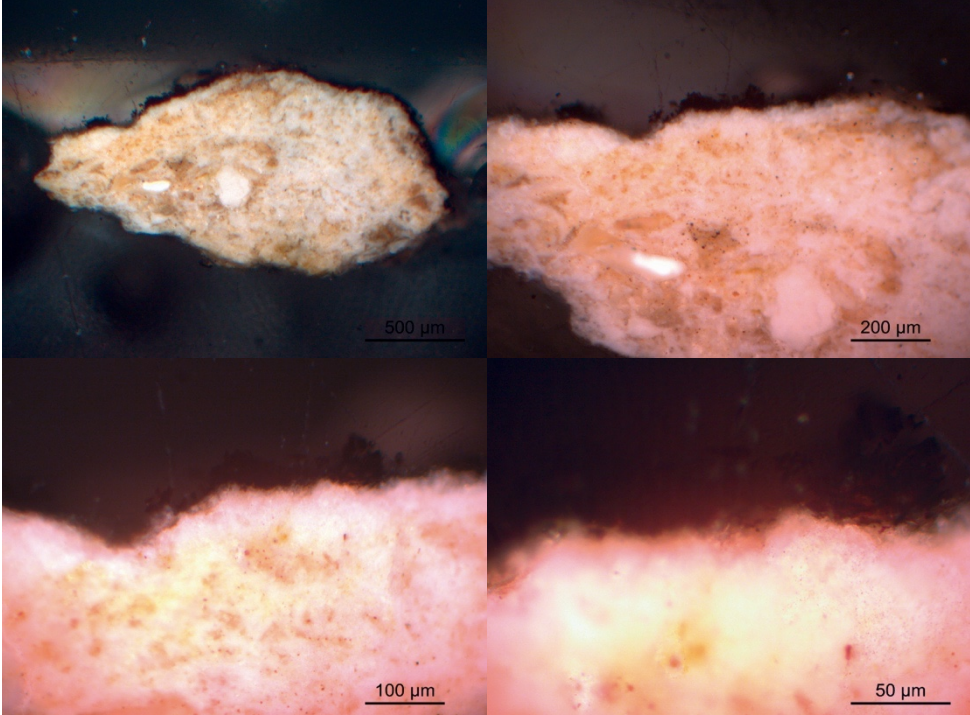
Nombre / Aumento	Sitio	Micrografía
415-19-5 / 200X	J/del Felino	
415-19-8 / 200X y 500X	J/del Felino	
415-20-29 / 100X	La Cocina	
415-12-40 / 500X	B	
415-1-57 / 100X, 200X y 500X	I	

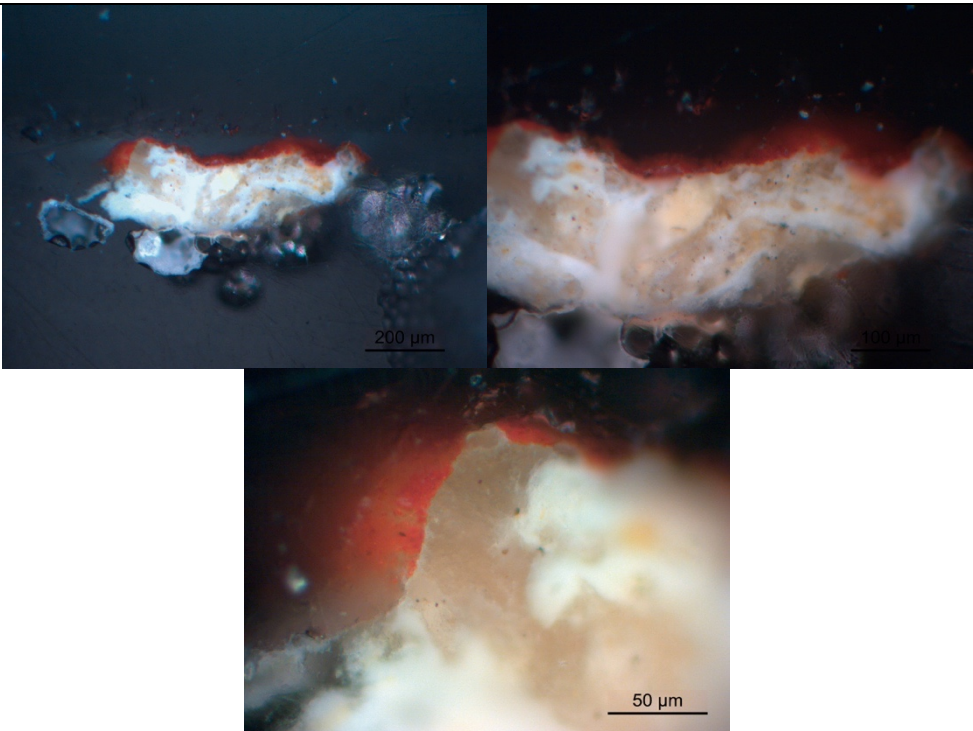
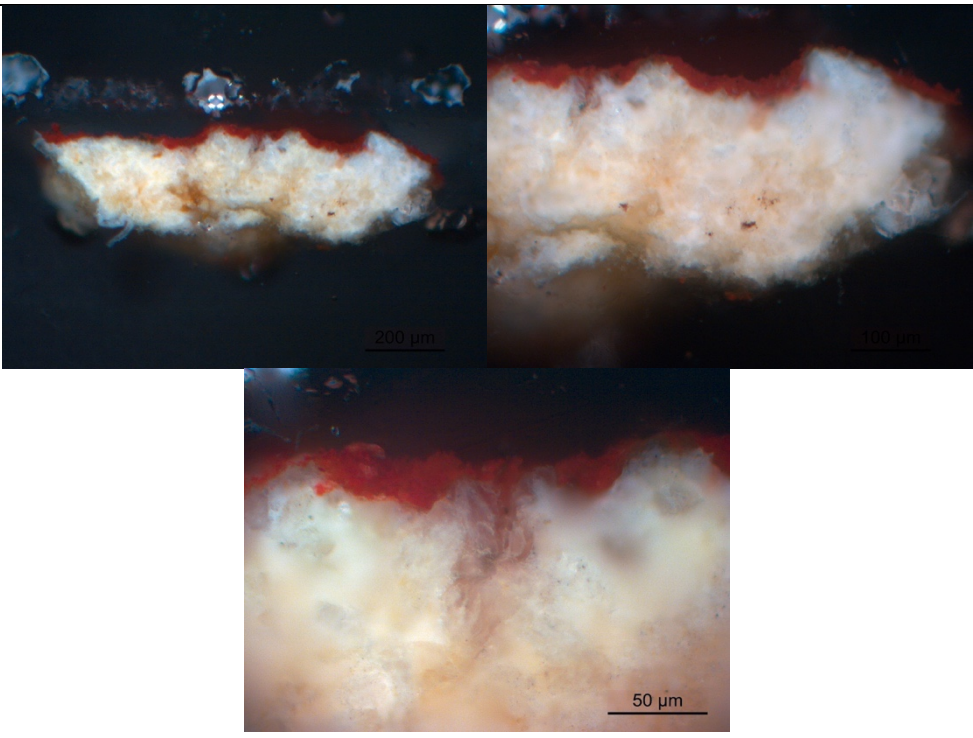
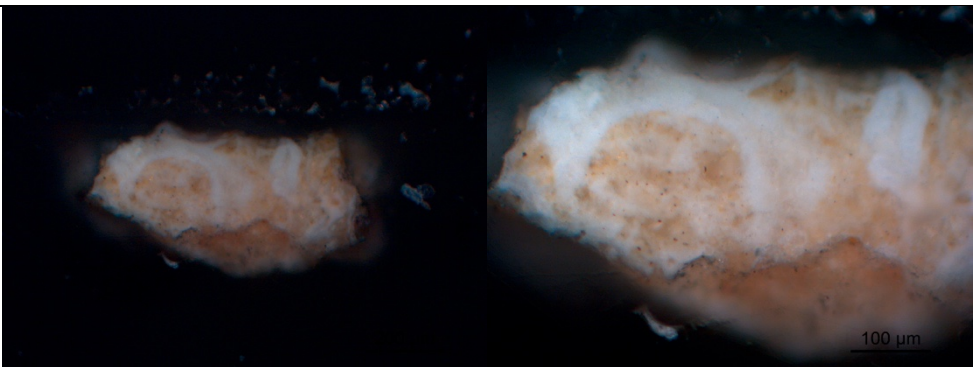
		
415-17-103 / 100X, 200X y 500X	Cab. Muerto	  
415-10-115 / 100X, 200X y 500X	Anfiteatro	  
415-1-124 / 100X, 200X y 500X	I	 

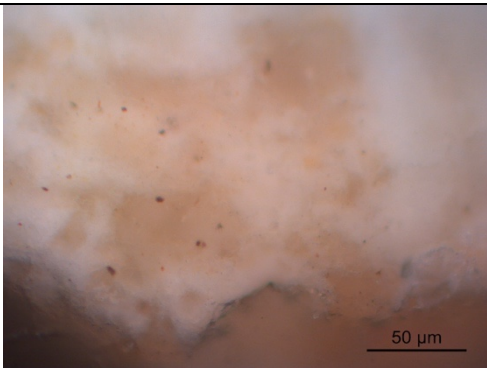
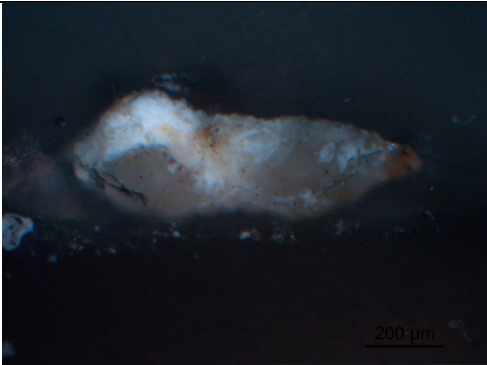
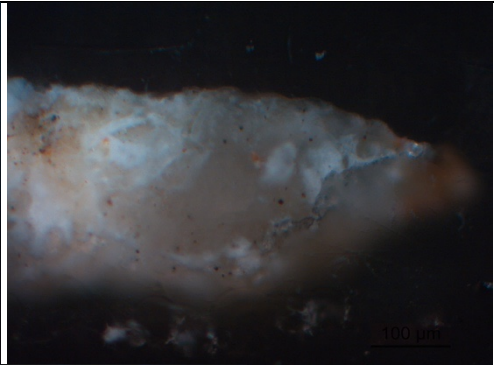
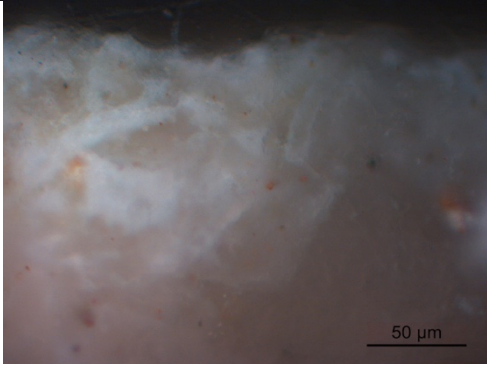
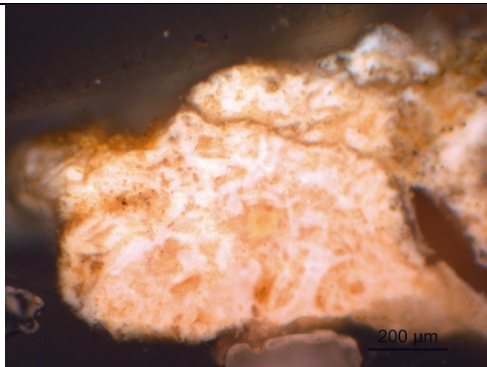
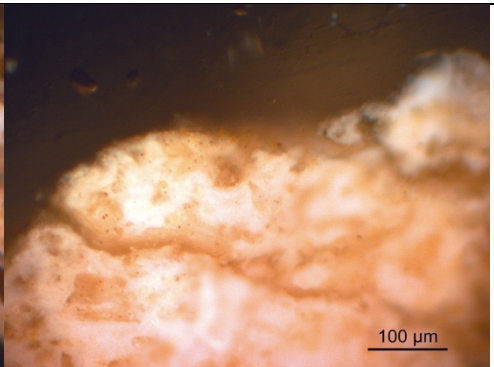
		
<p>415-18-135 / 100X, 200X y 500X</p>	<p>del Sol</p>	

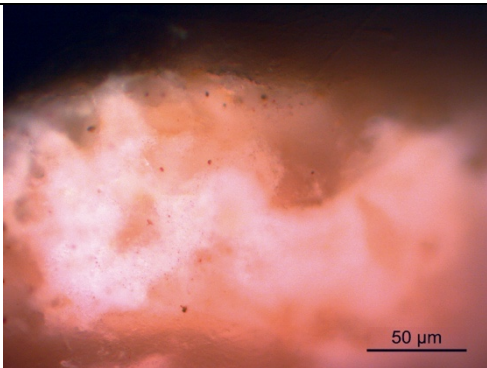
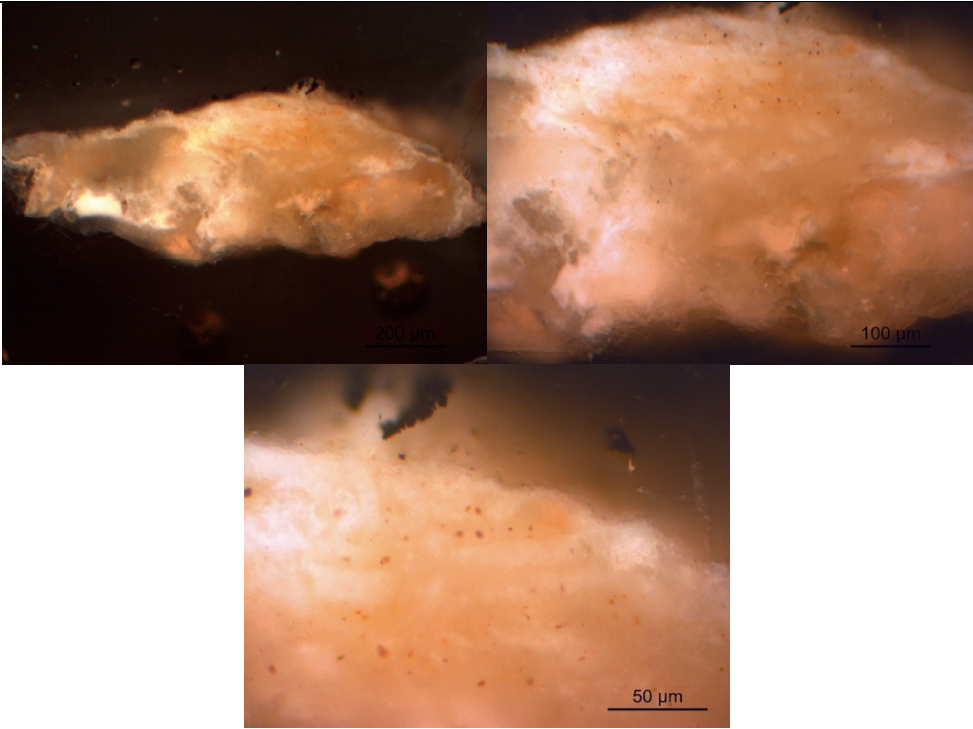
D. Micrografías de las muestras experimentales estudiadas en este trabajo

Muestras experimentales digitales

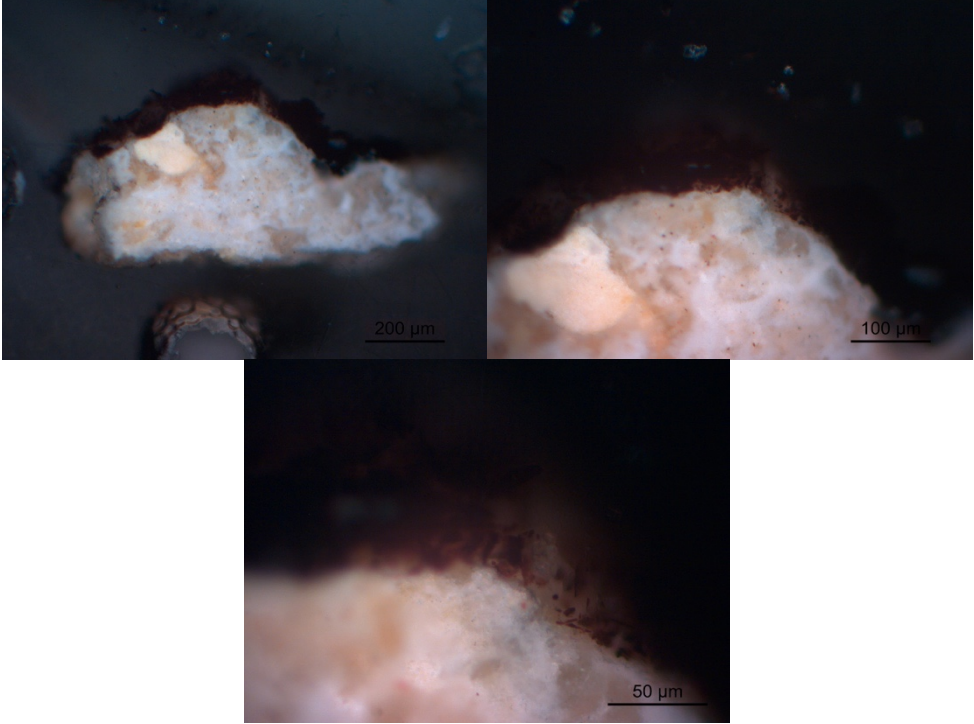
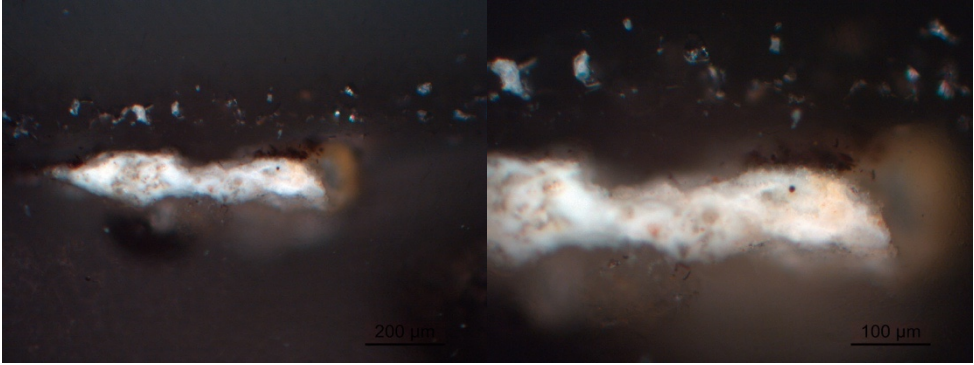
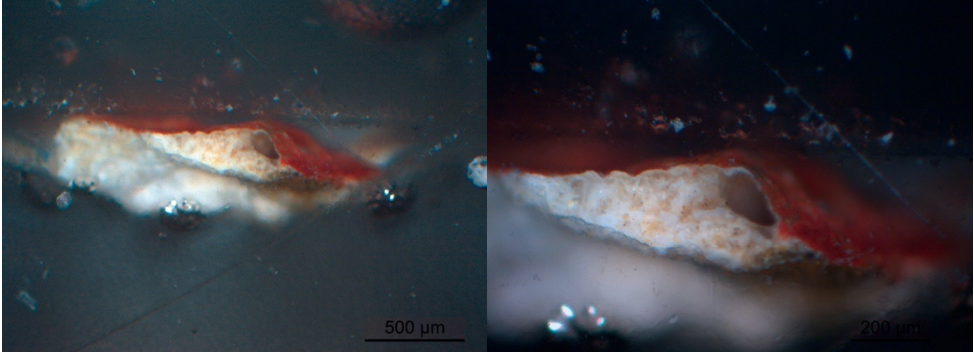
Nombre / aumento	Micrografías
ND1 / 100X, 200X y 500X	 <p>Micrographs of sample ND1. The top row shows two images: the left image is at 100X magnification with a 200 µm scale bar, and the right image is at 200X magnification with a 100 µm scale bar. The bottom image is at 500X magnification with a 50 µm scale bar. The sample shows a porous, irregular structure with some internal features.</p>
ND2 / 50X, 100X, 200X y 500X	 <p>Micrographs of sample ND2. The top row shows two images: the left image is at 50X magnification with a 500 µm scale bar, and the right image is at 100X magnification with a 200 µm scale bar. The bottom row shows two images: the left image is at 200X magnification with a 100 µm scale bar, and the right image is at 500X magnification with a 50 µm scale bar. The sample shows a porous, irregular structure with some internal features.</p>

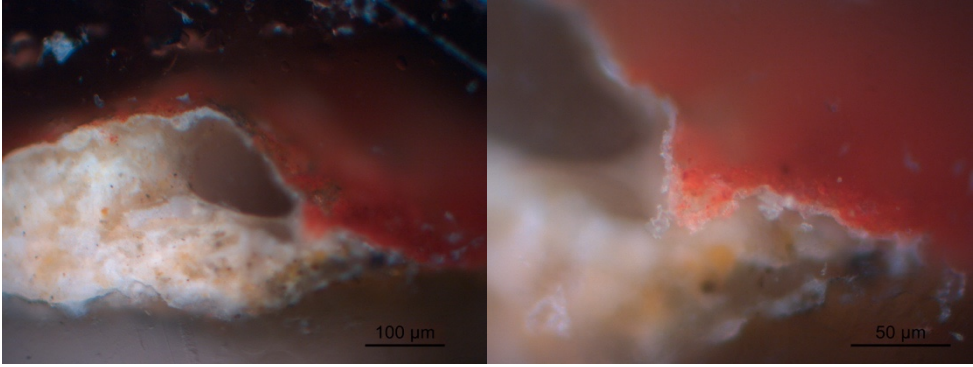
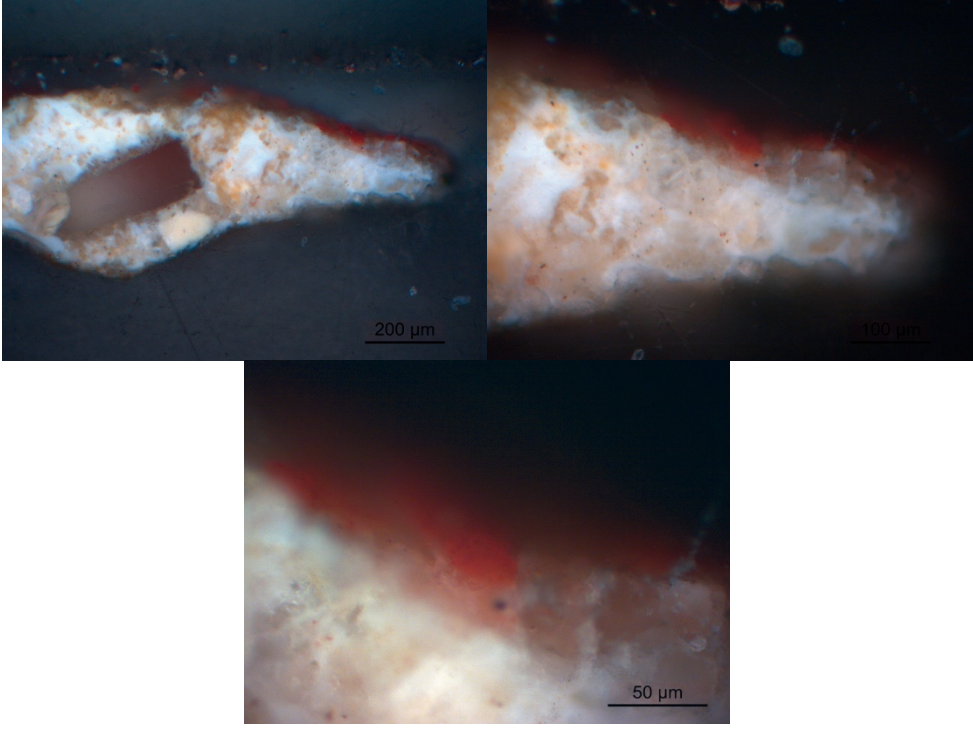
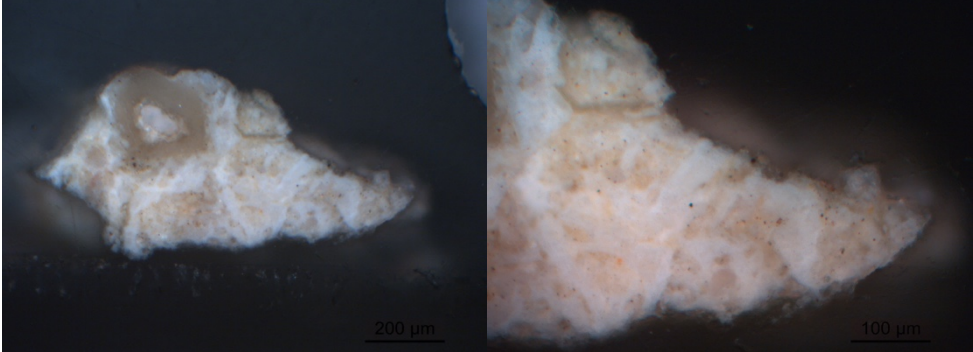
<p>RD1 / 100X, 200X y 500X</p>	 <p>Micrographs of RD1 sample. Top left: 100X magnification, scale bar 200 μm. Top right: 200X magnification, scale bar 100 μm. Bottom center: 500X magnification, scale bar 50 μm. The images show a cross-section of a material with a dark red surface layer and a lighter, porous interior.</p>
<p>RD2 / 100X, 200X y 500X</p>	 <p>Micrographs of RD2 sample. Top left: 100X magnification, scale bar 200 μm. Top right: 200X magnification, scale bar 100 μm. Bottom center: 500X magnification, scale bar 50 μm. The images show a cross-section of a material with a dark red surface layer and a lighter, porous interior.</p>
<p>BD1 / 100X, 200X y 500X</p>	 <p>Micrographs of BD1 sample. Top left: 100X magnification, scale bar 200 μm. Top right: 200X magnification, scale bar 100 μm. Bottom center: 500X magnification, scale bar 50 μm. The images show a cross-section of a material with a dark red surface layer and a lighter, porous interior.</p>

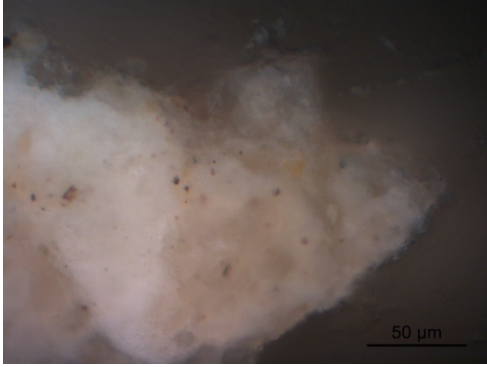
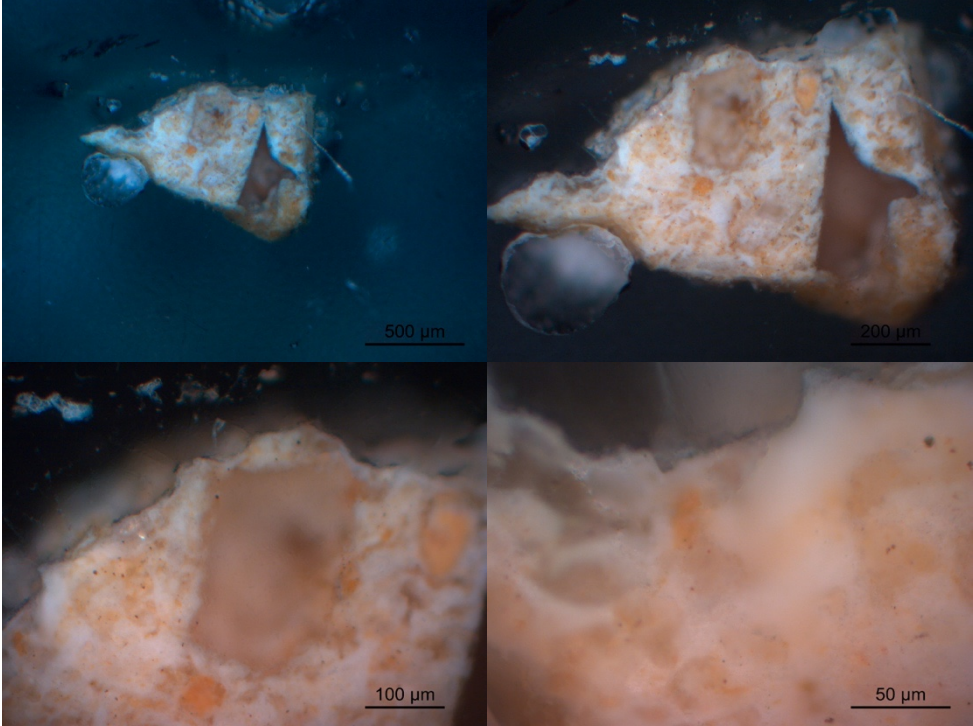
	
<p>BD2 / 100X, 200X y 500X</p>	  
<p>BD1bis / 100X, 200X y 500X</p>	 

	
BD2bis / 100X, 200X y 500X	

Muestras experimentales a pincel

Nombre / aumento	Micrografías
NP1 / 100X, 200X y 500X	 <p>Micrographs of sample NP1. The top row shows two images: the left image is at 200X magnification with a 200 µm scale bar, and the right image is at 100X magnification with a 100 µm scale bar. The bottom image is at 500X magnification with a 50 µm scale bar. The sample appears as a light-colored, irregularly shaped mass with some darker, fibrous structures.</p>
NP2 / 100X y 200X	 <p>Micrographs of sample NP2. The left image is at 200X magnification with a 200 µm scale bar, and the right image is at 100X magnification with a 100 µm scale bar. The sample is a light-colored, elongated mass with some darker, fibrous structures.</p>
RP1 / 50X, 100X, 200X y 500X	 <p>Micrographs of sample RP1. The left image is at 500X magnification with a 50 µm scale bar, and the right image is at 200X magnification with a 200 µm scale bar. The sample is a light-colored, elongated mass with a distinct red layer on top.</p>

	 <p>Two micrographs of sample RP2. The left image shows a low-magnification view (100X) of a white, porous, irregularly shaped object with a central hole, set against a dark background with a red stain. A scale bar at the bottom right indicates 100 μm. The right image is a high-magnification view (500X) of the same object, showing its porous texture and the red stain more clearly. A scale bar at the bottom right indicates 50 μm.</p>
<p>RP2 / 100X, 200X y 500X</p>	 <p>Three micrographs of sample RP2. The top-left image is a low-magnification view (200X) of the object, showing its overall shape and the central hole. A scale bar at the bottom right indicates 200 μm. The top-right image is a medium-magnification view (200X) of the object, showing more detail of its porous structure. A scale bar at the bottom right indicates 100 μm. The bottom-center image is a high-magnification view (500X) of the object, showing the fine details of its porous texture and the red stain. A scale bar at the bottom right indicates 50 μm.</p>
<p>BP1 / 100X, 200X y 500X</p>	 <p>Two micrographs of sample BP1. The left image is a low-magnification view (200X) of a white, porous, irregularly shaped object. A scale bar at the bottom right indicates 200 μm. The right image is a medium-magnification view (500X) of the object, showing its porous texture. A scale bar at the bottom right indicates 100 μm.</p>

	
<p>BP2 / 50X, 100X, 200X y 500X</p>	
<p>BP1bis / 100X y 200X</p>	