

Landino, Matías; Gheco, Lucas; Mastrangelo, Noemí; Frank, Ariel D. y Marte, Fernando. "El arte rupestre a escala microscópica. Avances en el estudio arqueométrico y experimental de las técnicas de aplicación de las pinturas rupestres de La María (provincia de Santa Cruz)", *TAREA* 8 (8), pp. 78-117.

RESUMEN

El estudio material del arte rupestre permite indagar en distintos aspectos vinculados con su producción, como el conocimiento de las técnicas pictóricas, que impactan en su interpretación y su conservación. En este trabajo, las formas o técnicas de aplicación involucradas en la producción del arte rupestre pintado de La María, provincia de Santa Cruz, fueron analizadas desde un punto de vista micro-estratigráfico y experimental. Un corpus de 30 micro-muestras provenientes de motivos pintados, cuyo relevamiento macroscópico exhibió distintas técnicas de aplicación, fue comparado con un corpus experimental de 8 muestras, confeccionado mediante las técnicas inferidas en los sitios. Para realizar este trabajo, se consideró un conjunto amplio de variables cualitativas y cuantitativas microscópicas. Los resultados sugieren que existen diferencias morfológicas micro-estratigráficas que podrían asociarse a las distintas técnicas de aplicación, principalmente vinculadas a la forma del borde superior y al espesor de la capa pictórica. Este trabajo resalta la importancia del análisis arqueométrico del arte rupestre como vía de acceso a dichos procesos e invita a reflexionar sobre las potencialidades y limitaciones de la metodología complementaria de estudios micro-estratigráficos y experimentales, para la comprensión de los procesos de producción del arte rupestre.

Palabras clave: Arte rupestre; Micro-estratigráfico; Técnica pictórica; Arqueometría; Experimental

Rock art at a microscopic scale. Advances on archaeometric and experimental study of application techniques of La María's rock paintings (Province of Santa Cruz)

ABSTRACT

The study of rock art's materials allows us to know various aspects related to its production, such as the understanding of pictorial techniques, which may influence on its conservation and interpretation. In the current work, the production techniques of rock paintings from La María (Province of Santa Cruz) were analysed with a micro-stratigraphic and experimental point of view. 30 rock painting micro-samples were taken from motifs with macroscopical differences regarding their technique and were compared to a group of 8 experimental micro-samples (which were made according to archaeologically inferred techniques). To achieve this goal, a wide set of quantitative and qualitative variables was considered. Results suggest the existence of morphological differences at a microscopic scale between samples from paintings produced with different application techniques, mainly associated with the shape of the pictorial layer's superior edge and thickness. This work highlights the importance of archaeometric study of rock art for studying its production processes. In addition, it is an invitation to think about micro-stratigraphic methodology, its capacities and limitations when approaching rock art painting techniques.

Keywords: Rock art; Micro-stratigraphic; Pictorial technique; Archaeometry; Experimental

Fecha de recepción: 13/07/2021

Fecha de aceptación: 30/08/2021

El arte rupestre a escala microscópica

Avances en el estudio arqueométrico y experimental de las técnicas de aplicación de las pinturas rupestres de La María (provincia de Santa Cruz)

Matías Landino

EAYP, UNSAM / CONICET
matiaslandino@conicet.gov.ar
<https://orcid.org/0000-0003-4992-2367>

Lucas Gheco

EAYP, UNSAM / Instituto Regional de Estudios Socioculturales,
CONICET - UNCA
gheco@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4941-11961>

Noemí Mastrangelo

EAYP, UNSAM / CONICET
nmastrangelo@unsam.edu.ar
<https://orcid.org/0000-0002-5014-8316>

Ariel D. Frank

División Arqueología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo,
UNLP / CONICET
frank.ariel@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1340-5221>

Fernando Marte

Centro TAREA, EAYP, UNSAM
fmarte@unsam.edu.ar
<https://orcid.org/0000-0001-7543-141X>

Introducción

Durante mucho tiempo, el arte rupestre fue estudiado por la arqueología en su conexión con las esferas ideológicas y

simbólicas de los diferentes pueblos, bajo distintos marcos teóricos.¹ Más recientemente, nuevas aproximaciones insistieron en la relevancia de situar en el centro de atención a los materiales empleados, cuya importancia había sido sustraída en los abordajes previos.² Este enfoque abrió otras perspectivas para comprender los diversos roles que las pinturas y grabados rupestres habrían jugado en los procesos históricos a través de los cuales los distintos grupos humanos construyeron, experimentaron y transformaron el mundo y a sí mismos.³

Entre los aspectos explorados a partir del estudio material del arte rupestre se encuentran los procesos técnicos de producción. Estos procesos involucran los tipos de materias primas, herramientas, gestualidad técnica y conocimientos empleados en la creación de las imágenes sobre un soporte rocoso.⁴ En líneas generales, pueden ser modelados analíticamente en una secuencia de diferentes etapas,⁵ cada una de las cuales deja en el registro arqueológico distintos indicios materiales posibles de ser identificados mediante variadas estrategias analíticas.⁶

1 Danae Fiore. "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*. Routledge, 2018, pp. 23-57.

2 Tim Ingold. "Materials against Materiality", *Archaeological Dialogues* Vol. 14, N° 1, junio de 2007, pp. 1-16. <https://doi.org/10.1017/S1380203807002127>

3 Danae Fiore, "The Materiality of Rock Art...", *op. cit.*; Marcela Sepúlveda. "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* Vol. 572, junio de 2020, pp. 5-23. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.05.031>

4 Danae Fiore, "The Materiality of Rock Art...", *op. cit.*

5 Carlos A. Aschero. "Pinturas Rupestres, Actividades y Recursos Naturales; Un Encuadre Arqueológico", en H. Yacobaccio: *Arqueología Contemporánea Argentina. Actualidad y Perspectivas*. Buenos Aires, Ediciones Búsqueda, 1988, pp. 109-145; Danae Fiore, "The Materiality of Rock Art...", *op. cit.*; Marcela Sepúlveda. "Making Visible the Invisible...", *op. cit.*

6 Emilie Chalmin y Jillian Huntley. "Characterizing Rock Art Pigments" en B. David e I. J. McNiven (eds.): *The Oxford Handbook of the Archaeology and Anthropology of Rock Art*. Oxford, Oxford University Press, 2017; Emilie Chalmin, Michel Menu y Colette Vignaud. "Analysis of Rock Art Painting and Technology of Palaeolithic Painters", *Measurement Science and Technology* Vol. 14, N° 9, 2003, pp. 1590-97; Francesco d'Errico, Laure Dayet Bouillot, Marcos García-Diez, Africa Pitarch Martí, Daniel Garrido Pimentel y João Zilhão. "The Technology of the Earliest European Cave Paintings: El Castillo Cave, Spain", *Journal of Archaeological Science* Vol. 70, junio de 2016, pp. 48-65; Danae Fiore, "The Materiality of Rock Art...", *op. cit.*; Ariel D. Frank, Lucas Gheco, Emilia Halac, Noemí Mastrangelo, Matías Landino, Rafael S. Paunero y Fernando Marte. "Variaciones Del Color. Primeros Estudios Físicoquímicos de Las Pinturas Rupestres de La María, Provincia de Santa Cruz", *InterSecciones En Antropología* Vol. 21, N° 1, junio de 2020, pp. 57-70; Esther López-Montalvo, Clodoaldo Roldán, Ernestina Badal, Sonia Murcia-Mascarós y Valentín Villaverde. "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* Vol. 12, N° 2, febrero de 2017; Francisca Moya. "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, 2016; Francisco Vergara, Andrés Troncoso y Francisca Ivanovic. "Time and Rock Art Production: Explorations on the Material Side of Petroglyphs in the Semi-arid North of Chile", en R. G. Bednarik, D. Fiore, M. Basile, G. Kumar y T. Huisheng (eds.): *Palaeoart and Materiality. The Scientific Study of Rock Art*. Oxford, Archaeopress Archaeology, 2016, pp. 147-

Este trabajo se propone aportar al conocimiento de los procesos de producción de las pinturas rupestres de la localidad arqueológica La María, en la provincia de Santa Cruz, Argentina, desde una perspectiva metodológica micro-estratigráfica y experimental. Específicamente, indaga en un aspecto técnico de la elaboración de las pinturas: las técnicas de aplicación.⁷

Los objetivos específicos son: 1) 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; 2) Explorar las potencialidades y límites de un abordaje experimental micro-estratigráfico, que permita comparar las pinturas rupestres arqueológicas con muestras experimentales producidas en laboratorio.

Como hipótesis general de investigación, sostenemos que es posible reconocer y diferenciar las técnicas de aplicación de las pinturas rupestres de La María a partir de la combinación complementaria de estudios macroscópicos y microscópicos (físicos y químicos). Para este trabajo, planteamos como hipótesis específica que es factible distinguir entre las técnicas de aplicación digital y a pincel/hisopo de las pinturas rupestres de esta localidad, a partir de estudios morfológicos comparativos entre muestras micro-estratigráficas arqueológicas y experimentales.

Arqueología de La María

La Localidad Arqueológica La María, con un área de unos 220 km², se encuentra ubicada en la Meseta Central de la provincia de Santa Cruz, Patagonia, a más de 200 km al sureste del Río Pinturas (figuras. 1, 2 y 3⁸).⁹ Cuenta con, al menos, 77 cuevas y aleros con manifestaciones rupestres. En función de la cantidad de abrigos y de la densidad de pinturas relevadas, constituye la principal localidad de arte rupestre de la Patagonia meridional.¹⁰ Se estima que la realización de las pinturas se

160; Colette Vignaud, Hélène Salomon, Emilie Chalmin, Jean-Michel Geneste y Michel Menu. "Le Groupe Des « bisons Adossés » de Lascaux. Étude de La Technique de l'artiste Par Analyse Des Pigments", *L'Anthropologie* Vol. 110, N° 4, octubre de 2006, pp. 482-499.

7 Parte de este artículo corresponde al Trabajo Final Integrador inédito de Matías Landino. *Un acercamiento a las técnicas pictóricas de las pinturas rupestres prehispánicas de La María, meseta central de la Patagonia, provincia de Santa Cruz*. Licenciatura en Conservación y Restauración del Patrimonio Cultural, TAREA-IIPC, UNSAM, 2020.

8 Referencias: 1. J/del Felino. 2. H. 3. A y La Mesada. 4. Larga. 5. Cueva Túnel y La Cocina. 6. I, II y IV.

9 Rafael S. Paunero, Ariel D. Frank, Fabiana Skarbut, Gabriela Rosales, Gonzalo Zapata, Manuel Cueto, Matías Paunero, et al. "Arte Rupestre En Estancia La María, Meseta Central de Santa Cruz: Sectorización y Contextos Arqueológicos", *Relaciones - Sociedad Argentina de Antropología*, N° 30, 2005, pp. 147-168.

10 Ariel D. Frank et al., "Variaciones Del Color...", *op. cit.*; Raúl González Dubox, Ariel D. Frank, Manuel E. Cueto y Rafael S. Paunero. "Manifestaciones rupestres situadas: Tipología

inició durante el poblamiento temprano de la región, hace aproximadamente 13.000 años y se habría mantenido constante hasta el Holoceno tardío.¹¹ 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 y felinos, así como motivos abstractos expresados en óvalos, círculos concéntricos y líneas y puntos agrupados formando distintas figuras (figuras 4, 5 y 6).¹² La intensa práctica de pintado en La María implicó la superposición de distintos motivos en numerosas cuevas de la localidad.¹³



FIGURA 1. Mapa con la ubicación geográfica de La María.

y distribución de las pinturas de La María Quebrada, Provincia de Santa Cruz”, *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano - Series Especiales* Vol. 9, 2021, pp. 225-244.

11 Rafael S. Paunero. “Arte Rupestre Pleistocénico de Santa Cruz, Patagonia Argentina”, en *L’art Pléistocène Dans Le Monde = Arte Pleistoceno En El Mundo [Actes Du Congrès IFRAO, Tarascon-Sur-Ariège, Septembre 2010]*, 2012, pp. 144-145.

12 Rafael S. Paunero, “Arte Rupestre Pleistocénico de Santa Cruz...”, *op. cit.*; Rafael S. Paunero *et al.*, “Arte Rupestre En Estancia La María...”, *op. cit.*

13 Rafael S. Paunero *et al.*, “Arte Rupestre En Estancia La María...”, *op. cit.*; Ariel D. Frank *et al.*, “Variaciones Del Color...”, *op. cit.*, Raúl González Dubox *et al.*, “Manifestaciones rupestres situadas...”, *op. cit.*



FIGURA 2. Fotografía del paisaje, donde pueden observarse algunas cuevas con arte rupestre.

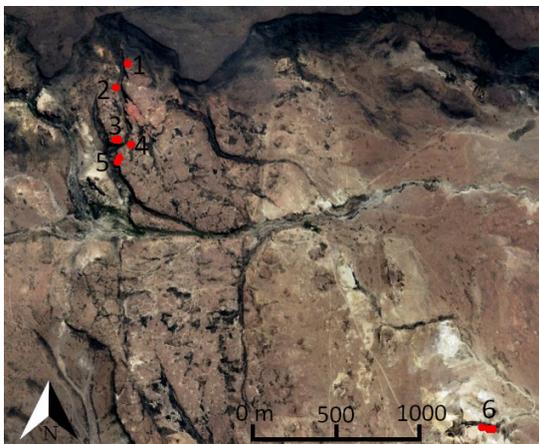


FIGURA 3. Porción Norte de La María con ubicación de los sitios estudiados.

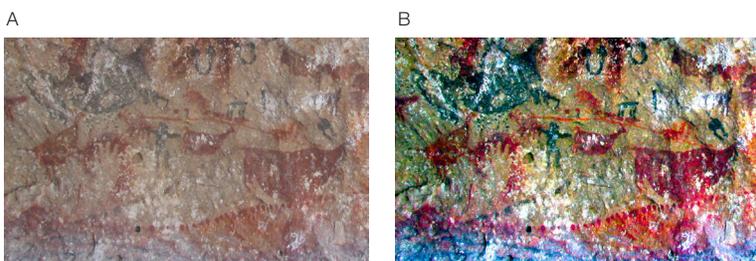


FIGURA 4. (A) Panel de La María con motivos antropomorfos, guanacos zoomorfos indeterminados y motivos no figurativos; (B) Misma imagen procesada digitalmente con el software DStretch (filtro lab, factor 15).



FIGURA 5. (A) Panel de La María con motivos no figurativos, guanaco y negativo de mano; (B) Imagen procesada con DStretch (filtro lds, factor 12.5).



FIGURA 6. Superposición de guanaco y negativo de mano con puntos interiores.

Antecedentes en la investigación de los procesos técnicos de producción de las pinturas rupestres

En términos generales, a nivel internacional existió un mayor desarrollo de enfoques metodológicos macroscópicos, con énfasis en las técnicas de grabado.¹⁴ En el caso de las pinturas rupestres, el análisis físico-químico permitió, en algunos contextos, conocer más sobre las formas de

14 Robert G. Bednarik y Yann-Pierre Montelle. "Forensics in Australian Cave Art Research", en *L'art Pléistocène Dans Le Monde. Congrès de l'IFRAO, Septembre 2010 – Symposium: Application Techniques Police Scientifique... (Pré-Actes)*, 2010.

aplicación, infringiendo gestos técnicos particulares y posibles eventos de preparación del soporte rocoso.¹⁵ Otros trabajos utilizaron un enfoque multianalítico y experimental, obteniendo resultados relevantes sobre las distintas etapas del proceso de producción, incluyendo las técnicas de aplicación de las capas pictóricas.¹⁶

A una escala nacional, la mayoría de los trabajos se concentraron en la elucidación de las técnicas de ejecución de los grabados rupestres y en la identificación de los instrumentos utilizados.¹⁷ Con respecto a las pinturas rupestres, el estudio de las técnicas de aplicación es significativamente menor. Para la región patagónica meridional, donde se concentra la presente investigación, estas indagaciones se llevaron a cabo a través de estudios visuales y experimentales.

El estudio sistemático del arte rupestre pintado del sector meridional de la Patagonia cuenta ya con varias décadas.¹⁸ Una mirada general de los antecedentes producidos desde entonces indica que se han centrado, principalmente, en la definición estilística-cronológica de las pinturas y en indagar sobre su relevancia en las esferas comunicacionales, evaluando la distribución y selección de espacios para la realización de las pinturas.¹⁹

15 Emilie Chalmin, *et al.* "Analysis of Rock Art Painting and Technology of Palaeolithic Painters", *op. cit.*; Colette Vignaud, *et al.* "Le Groupe Des « bisons Adossés »...", *op. cit.*

16 Francesco d'Errico, *et al.* "The Technology of the Earliest European Cave Paintings...", *op. cit.*

17 Rocío V. Blanco y Virginia Lynch. "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* Vol. 16, N° 1, 2011, pp. 9-21; Dánae Fiore. "Cuestiones Teórico-Metodológicas E Implicaciones Arqueológicas En La Identificación De Artefactos Utilizados En La Producción De Grabados Rupestres. Hacia Una Arqueología Del Arte", *Relaciones de La Sociedad Argentina de Antropología*, N° 24, 1999, pp. 277-291.

18 Carlos J. Gradín, Carlos A. Aschero y Ana M. Aguerre. "Investigaciones arqueológicas en la Cueva de las Manos (estancia Alto Río Pinturas, provincia de Santa Cruz)" *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* Vol. X, 1976, pp. 201-250; Osvaldo Menghin. "Las Pinturas Rupestres de la Patagonia" *Runa. Archivos para las Ciencias del Hombre* Vol. V, 1952, pp. 5-22.

19 Agustín Acevedo. *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, 2017; Carlos A. Aschero. "Pinturas rupestres en asentamientos cazadores-recolectores: dos casos de análisis aplicando difracción de rayos X", *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología* Vol. XXX, 1983-1985, pp. 291-306; Natalia Carden. *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, 2007; Augusto Cardich. "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* Vol. XIII, 1979, pp. 163-182; Carlos J. Gradín. "Tendencias estilísticas del Arte Rupestre de Patagonia Central y Meridional", en *Primeras Jornadas de Arqueología de la Patagonia*, 1987, pp. 139-152; Carlos J. Gradín y Ana M. Aguerre. *Contribución a la Arqueología del Río Pinturas*. Concepción de Uruguay, Búsqueda Ayllu, 1994; Carlos J. Gradín *et al.*, "Investigaciones arqueológicas en la Cueva de las Manos...", *op. cit.*; Anahí Re. *Representaciones Rupestres en Mesetas Altas de la Provincia de Santa Cruz. Circulación de Información en Espacios de Uso Estacional*. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires, 2010.

Otro aspecto explorado es el estudio material de la secuencia de producción de las pinturas. Esta última se entiende como la articulación de tres cadenas operativas: la elaboración de las mezclas de pintura, de los instrumentos para su aplicación y de las imágenes propiamente dichas.²⁰ Presentaremos brevemente el estado del conocimiento respecto a este tema, haciendo énfasis en aquellas inferencias y líneas de evidencia que son relevantes para nuestros objetivos de comprender las técnicas de aplicación de las pinturas rupestres. Este aspecto se vincularía, fundamentalmente, con la tercera cadena operativa, aunque se encuentra directamente interrelacionada con las otras dos.

Respecto a la primera de las cadenas operativas, desde la década de 1970 se ha analizado la composición química de las pinturas rupestres mediante distintas técnicas analíticas. En base a ello se ha avanzado en el conocimiento de las materias primas empleadas para elaborar las pinturas. Los resultados obtenidos indican el uso, para los colores amarillos, de pigmentos²¹ como goethita, natrojarosita, limonita, lepidocrocita o hematita, mientras que los rojos suelen ser elaborados con hematita o bien maghemita.²² Para los blancos y negros se han llevado a cabo menos estudios, en los cuales se ha detectado, respectivamente, illita y

20 Dánae Fiore. "The Economic Side of Rock Art: Concepts on the Production of Visual Images", *Rock Art Research* Vol. 24, N° 2, 2007, pp. 149-160.

21 Para definiciones de "pigmento", remitimos a los siguientes textos: Max Doerner. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona, Editorial Reverté, 1998; Mauro Matteini y Arcangelo Moles. *La química en la restauración*. Guipuzcua, Editorial Nerea, 2001, pp. 25-26.

22 Carlos A. Aschero. "Notas sobre el uso de pigmentos minerales en el sitio CCP-5, provincia de Santa Cruz, Argentina", en C. Aldunate, J. Berenguer y V. Castro (eds.): *Estudios en arte rupestre. Primeras jornadas de arte y arqueología, el arte rupestre en Chile. Santiago 16 al 19 de agosto de 1983*. por Santiago, Museo Chileno de Arte Precolombino Santiago de Chile, 1985, pp. 13-24; Carlos Barbosa y Carlos J. Gradín. "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 Nueva Serie* Vol. XVII, 1, 1987, pp. 143-171; Juan B. Belardi, Alejandro Súnico y Darío Puebla. "Análisis de Pigmentos minerales y sus fuentes potenciales de aprovisionamiento en el área de Lago Roca (Sector Chorrillo Malo), Provincia de Santa Cruz (Argentina)", *Anales del Instituto de la Patagonia (Serie Ciencias Sociales)* 28, 2000, pp. 291-304; George Brook, Nora V. Franco, Alexander Cherkinsky, Agustín Acevedo, Dánae Fiore, Timothy Pope, Richard Weimar III, Gregory Neher, Hayden Evans y Tina Salguero. "Pigments, binders, and ages of rock art at Viuda Quenzana, Santa Cruz, Patagonia (Argentina)", *Journal of Archaeological Science: Reports* Vol. 21, 2018, pp. 47-63; Natalia Carden, Rocío Blanco, Daniel Poiré, Cecilia Genazzini, Lucía Magnin y Pablo García. "Análisis de Pigmentos del Macizo del Deseado: El Abastecimiento de Materias Primas y la Producción de Pinturas Rupestres en Cueva Maripe (Santa Cruz, Argentina)", *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* Vol. XXXIX, N° 2, 2014, pp. 483-508; Adrián Iñiguez y Carlos J. Gradín. "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 SAA* Vol. XI, 1977, pp. 121-128; Ian Wainwright, Kate Helwig, Diana Rolandi, Carlos Gradín, María Mercedes Podestá, María Onetto y Carlos Aschero. "Rock paintings conservation and pigment analysis at Cueva de las Manos and Cerro de los Indios, Santa Cruz (Patagonia), Argentina", en *ICCOM Comité for Conservation, 13th Triennial Meeting, Rio de Janeiro. Preprints, vol. II.*, 2002. pp. 582-589.

pirolusita²³ y se ha propuesto que en algunas mezclas se incorporaba hueso calcinado y carbón.²⁴ Además, en muchas pinturas se identificó yeso, que en ocasiones fue interpretado como un aditivo o carga.²⁵ En relación a los aglutinantes,²⁶ los estudios son muy escasos, únicamente reportándose grasa animal en un trabajo.²⁷

Referido a las materias primas empleadas en La María, recientemente se consiguieron los primeros resultados de los análisis de micro-muestras de pinturas rupestres a través de micro-espectroscopía Raman (μ ER) y microscopía electrónica de barrido con análisis elemental por espectroscopía de dispersión de rayos X (MEB-EDS).²⁸ En dicho trabajo, se obtuvo información sobre los compuestos inorgánicos presentes en las mezclas pigmentarias de 16 muestras. Los resultados son coherentes con los obtenidos a nivel regional y al mismo tiempo revelaron una mayor heterogeneidad en las mezclas pigmentarias. En las pinturas rojas, los estudios indicaron que existen mezclas realizadas con dos tipos de pigmentos basados en óxidos de hierro, hematita (Fe_2O_3) y burnt sienna ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_3\text{O}_4$), combinados en algunos casos con yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) o anhidrita (CaSO_4). Para los tonos negros se empleó óxido de manganeso, que en ocasiones fue mezclado con carbón y yeso. Para los tonos blancos, se utilizaron sulfatos de calcio y, quizás, caolinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}(\text{OH})_4$) como cromóforos. Finalmente, para las pinturas amarillas se empleó goethita ($\alpha\text{-FeO}(\text{OH})$), sin yeso agregado.

Para la segunda cadena operativa, referida a la elaboración de instrumentos para la aplicación de la pintura, se cuenta con escasa información. Los sitios de la región han brindado pocas evidencias materiales que remitan al empleo de intermediarios durante la realización de los motivos. Se identificó un pincel confeccionado con pelo de guanaco (con manchas de

23 Adrián Iñiguez y Carlos J. Gradín, "Análisis mineralógico por difracciones de rayos X de muestras de pinturas de la cueva de las manos...", *op. cit.*; Ian Wainwright *et al.*, "Rock paintings conservation and pigment analysis at Cueva de las Manos and Cerro de los Indios...", *op. cit.*

24 Marcela Sepúlveda. "Pinturas rupestres y tecnología del color en el extremo sur de Chile", *Magallania* Vol. 39, 1, 2011, pp. 193-210.

25 Adrián Iñiguez y Carlos J. Gradín, "Análisis mineralógico por difracciones de rayos X de muestras de pinturas de la cueva de las manos...", *op. cit.*; Carlos A. Aschero, "Pinturas rupestres en asentamientos cazadores-recolectores...", *op. cit.*; Carlos Barbosa y Carlos J. Gradín. "Estudio composicional por difracción de rayos X...", *op. cit.*; Juan B. Belardi, *et al.* "Análisis de Pigmentos minerales y sus fuentes potenciales...", *op. cit.* Para una definición de aditivo ver: "filler (inert additive)", en *The Art & Architecture Thesaurus*®. The Getty Conservation Institute. Disponible en: <http://vocab.getty.edu/page/aat/300080665>

26 Nos referimos a las sustancias filmógenas. Ver: Max Doerner, *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*, *op. cit.*; Liliane Masschelein-Kleiner. *Ancient Binding Media, Varnishes and Adhesives*. Roma, ICCROM, 1995; Mauro Matteini y Arcangelo Moles, *La química en la restauración*, *op. cit.*, pp. 95-98.

27 George Brook *et al.*, "Pigments, binders, and ages of rock art...", *op. cit.*

28 Ariel D. Frank *et al.*, "Variaciones Del Color...", *op. cit.*

pintura roja) adherido a un fragmento óseo²⁹ y también se han encontrado “lápices” o “crayones”.³⁰ Del mismo modo se han hallado vellones, fragmentos óseos, cueros y fragmentos vegetales teñidos que podrían ser elementos empleados para aplicar la pintura,³¹ así como tubos confeccionados sobre diáfisis de hueso de ave con rastros de pintura.³² Como se observa, el conjunto de evidencias es limitado y en su mayor parte no presentan indicios inequívocos de su empleo en la producción de pinturas rupestres, pudiendo haber intervenido en otros procesos que implicaron el uso de pigmentos (pintura corporal, procesamiento de cueros, entre otros). Por otra parte, al norte de la región considerada, en la provincia del Chubut, se han hallado hisopos confeccionados con vellones y/o fibras vegetales que permitirían hipotetizar sobre su empleo en la realización de pinturas rupestres.³³

Respecto a la realización de las imágenes, nos interesa aquí ahondar en las técnicas de aplicación que intervinieron en este proceso. De acuerdo con Blanco (2015), las principales técnicas inferidas han sido el estarcido directo, la técnica digital y el empleo de intermediarios como hisopos y pinceles. Otros estudios propusieron técnicas especiales como, por ejemplo, el uso de cueros embebidos en pintura envolviendo un elemento macizo que es arrojado a grandes alturas.³⁴ Cabe destacar que la identificación de las téc-

29 Vivian Scheinsohn. “Down to the Bone: Tracking Prehistoric Bone Technology in Southern Patagonia”, en A. Legrand-Pineau, I. Sidéra, N. Buc, E. David y V. Scheinsohn (eds.): *Ancient and Modern Bone Artefacts from America to Russia. Cultural, technological and functional signature..* Archaeopress, Oxford, 2010.

30 Carlos J. Gradín, Carlos A. Aschero y Ana M. Aguerre. “Arqueología del Área Río Pinturas (Santa Cruz)”, *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* Vol. XIII, 1979, pp. 183-228.

31 Carlos A. Aschero. “Pinturas rupestres en asentamientos; Rocío V. Blanco, *El Arte Rupestre En Los Macizos Del Deseado y Somuncurá...*, op. cit.; Carlos J. Gradín. “Las pinturas de la Cueva Grande (Arroyo Feo). Área Río Pinturas - Provincia de Santa Cruz”, *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* Vol. XIV, 2, 1981-1982, pp. 241-265.

32 Carlos J. Gradín et al., “Investigaciones arqueológicas en la Cueva de las Manos...”, op. cit.; Laura Miotti. *Zooarqueología de la meseta central y costa de la provincia de Santa Cruz: Un enfoque de las estrategias adaptativas aborígenes y los paleoambientes*. Mendoza, Imprenta del Museo Municipal de Historia Natural de San Rafael, 1998 [1989].

33 Paula Marchione y Cristina Bellelli. “El trabajo del cuero entre los cazadores-recolectores de la Patagonia centro-septentrional. Campo Moncada 2 (valle medio del río Chubut)”, *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* Vol. XXXVIII, 1, 2013, pp. 223-246; María Onetto. “Nuevos resultados de las investigaciones en Campo Nassif 1. Valle de Piedra Parada. Provincia del Chubut”, *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* Vol. XVII, 1, 1986-1987, pp. 95-123.

34 Rocío V. Blanco. *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 inédita, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, 2015; Carlos A. Aschero. “Las escenas de caza en Cueva de las Manos: una perspectiva regional (Santa Cruz, Argentina)”, en J. D. Clottes (ed.): *Congrès IFRAO, Tarascon-sur-Ariège, septembre 2010 - Symposium «Art pléistocène dans les Amériques»*, 2012, pp. 807-823. vol. Actes du Congrès IFRAO, Tarascon-sur-Ariège, septembre 2010 - Symposium «Art pléistocène dans les Amériques» L’art pléistocène dans le monde / Pleistocene art of the world / Arte pleistoceno en el mundo; Natalia Cardén, *Estudio de las manifestaciones rupestres de la Meseta Central de Santa Cruz...*, op. cit.; Víctor Durán. “Arte rupestre de los cazadores patagónicos en “El Verano”, área

nicas fue inferida en todos los casos mediante la observación macroscópica de los motivos y, por lo general, los trabajos no explicitaron en base a qué variables o criterios se definieron dichas técnicas en los motivos pintados.

Con respecto a la localidad de La María, Paunero y colaboradores (2005) han documentado mediante un examen organoléptico formas directas, que consisten en un 32% de los motivos ejecutados mediante estarcido o aspersión bucal, un 22% de manera digital y un 8% palmar; 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%).³⁵ En dicho trabajo no se diferencian pinceles de hisopos puesto que se carece, hasta el momento, de evidencias materiales del instrumental empleado como intermediario en los sitios de la localidad. Es por ello que aquí utilizaremos la expresión “pincel/hisopo” para referirnos a las pinturas rupestres incluidas dentro del conjunto de técnicas instrumentales gruesas o medianas.

Los estudios experimentales han 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 Paunero (1992) y Blanco (2015) resultaron en propuestas sobre la preparación de las mezclas pigmentarias, al evaluar también cómo la distancia, la posición relativa y el ángulo de aplicación de la pintura afectan la morfología y calidad de la impronta negativa realizada mediante estarcido bucal directo.³⁶ El aporte de Blanco (2015) es novedoso, ya que comparó sistemáticamente diferentes técnicas directas e indirectas para elaborar puntos y líneas: la técnica digital, el empleo de hisopos (confeccionados con lana de guanaco y ramas pequeñas como mango), el uso de vellones de lana de guanaco embebidos en pintura, así como de ramas finas como intermediarios.³⁷ Blanco y Barreto (2016) contemplaron la producción de motivos pintados tomando como referencia algunos identificados en la localidad arqueológica La Primavera.³⁸ Dichos estudios les permitieron advertir una amplia diversidad de técnicas en el arte rupestre de varias localidades y también

de La Martita, Departamento Magallanes, Provincia de Santa Cruz. (II)”, *Anales de Arqueología y Etnología* N° 38-40, Primera Parte, 1983-1985, pp. 43-75; Carlos J. Gradín y Ana M. Aguerre. “Arte rupestre del “Área La Martita” Sección A del Departamento Magallanes Provincia de Santa Cruz”, *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* Vol. XV, 1983, pp. 195-223.

35 Rafael S. Paunero *et al.*, “Arte Rupestre En Estancia La María...”, *op. cit.*

36 Rafael S. Paunero. “Manos Pintadas En Negativo: Un Ensayo de Experimentación”, *Revista de Estudios Regionales - CEIDER* 1, 1992, pp. 47-67; Rocío V. Blanco, *El Arte Rupestre En Los Macizos Del Deseado y Somuncurá...*, *op. cit.*

37 *Ibid.*

38 Rocío V. Blanco y Natalia G. Barreto. “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*. Oxford, Archaeopress Archaeology, 2016, pp. 113-27.

destacar algunos problemas de equifinalidad que no permitirían discernir las consecuencias materiales de las distintas técnicas.

En líneas generales, de los antecedentes analizados se desprende que los procesos de producción del arte rupestre de la Patagonia meridional aún no se encuentran esclarecidos en varios aspectos. Se han realizado inferencias parciales sobre algunas cadenas operativas de los procesos de producción del arte rupestre, pero por lo general éstos no fueron estudiados de forma sistemática. En particular, los estudios sobre las técnicas de aplicación se han llevado a cabo por dos vías principales: el análisis visual macroscópico y la experimentación. Sin embargo, aún no se han abordado mediante una metodología que combine una aproximación experimental con el estudio microscópico de las pinturas rupestres. Al respecto, entendemos que un enfoque micro-estratigráfico podría potenciar y complejizar 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.³⁹ En ese sentido, dicho abordaje haría posible ahondar en los procesos de manufactura de las pinturas rupestres, realizar inferencias sobre la preparación de las mezclas pigmentarias⁴⁰ y de los soportes, indagar en la posible existencia de estratos superpuestos y motivos rupestres ocultos,⁴¹ y aproximarnos a las formas de aplicación utilizadas.

Metodología y procedimiento

En función de los objetivos propuestos, se definió una metodología que combinó dos etapas: 1) El análisis morfológico micro-estratigráfico de una muestra de pinturas rupestres de La María; 2) La confección y análisis morfológico micro-estratigráfico de muestras experimentales en laboratorio.

39 Fernando Marte, Noemí Mastrangelo y Marcos Tascon. "El Arte de Medir: Microscopía Óptica Aplicada a La Medición de Secciones Transversales", *Eadem Utraque Europa* Vol. 7, N° 13, 2011, pp. 257-268.

40 En este trabajo utilizamos el concepto de "mezcla pigmentaria" como se define en: Lucas Gheco, Marcos Tascon, Eugenia Ahets Etcheberry, Marcos Quesada y Fernando Marte. "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* Vol. 8, Artículo 60, 2020. <https://doi.org/10.1186/s40494-020-00409-9>

41 Con motivos ocultos nos referimos a los estratos subyacentes a las capas de las figuras muestreadas, a los cuales se puede acceder por medio del análisis micro-estratigráfico, tal como lo demuestra el trabajo: Lucas Gheco, Marcos Tascon, Marcos Gastaldi, Eugenia Ahets Etcheberry, Soledad Pereda, Noemí Mastrangelo, Marcos Quesada y Fernando Marte. "Hidden Paintings, Forgotten Histories: A Micro-Stratigraphic Approach to Study Coated Rock Art", *Archaeological and Anthropological Sciences* Vol. 11, N° 9, 2019, pp. 5037-5052.

Para obtener los cortes micro-estratigráficos, se empleó un protocolo específico.⁴² En este sentido, las micro-muestras fueron incluidas en cilindros de resina acrílica Subiton®, que luego fueron lijados y pulidos hasta lograr la exposición del corte estratigráfico. 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.

A continuación, se describen en detalle las principales características de cada etapa metodológica.

Análisis de las muestras arqueológicas

En la primera etapa, se analizaron muestras de pinturas rupestres cuyas formas de aplicación fueron previamente inferidas a partir del examen morfológico macroscópico realizado durante el relevamiento *in situ* de los motivos⁴³ y su posterior reestudio con fotografías digitales. Entre esas formas de aplicación se encuentran: 1) digital; 2) a pincel/hisopo (muy fino, fino, mediano y grueso) y 3) estarcido directo.⁴⁴ En este trabajo se tomarán en consideración 30 de las 39 muestras analizadas, ya que corresponden a motivos pintados con las técnicas de interés. En los casos con superposiciones de estratos, el análisis se centró en aquellos superiores; por lo tanto, se analizaron un total de 30 estratos pictóricos. Es importante señalar que, dentro de las muestras de aplicación digitales (15 en total), se habrían empleado al menos dos gestos técnicos⁴⁵ diferentes: el arrastre de las pinturas (en 9 de ellas) y la aplicación puntual de pintura (en 6 de ellas). En la Tabla 1⁴⁶ se presentan las muestras arqueológicas aquí estudiadas.

42 Marte *et al.*, "El Arte de Medir...", *op. cit.*; Joyce Plesters. "Cross-sections and Chemical Analysis of Paint Samples", *Studies in Conservation* Vol. 2, N° 3, 1956, pp. 110-157.

43 Rafael E. Paunero *et al.*, "Arte Rupestre En Estancia La María...", *op. cit.*

44 En este trabajo se presentarán solamente las primeras dos, dejando las muestras estarcidas arqueológicas y experimentales para futuras publicaciones.

45 Basándonos en Aschero (1988) y en Lemonnier (1992), nos referimos al movimiento de los objetos involucrados (elementos intermediarios en las técnicas indirectas) o de las partes del cuerpo involucradas (técnicas directas) en la acción tecnológica del pintado de un motivo rupestre, guiados por "una fuerza de aplicación orientada con una determinada voluntad de forma". Carlos A. Aschero, "Pinturas Rupestres, Actividades y Recursos Naturales...", *op. cit.*, p. 132; Pierre Lemonnier. *Elements for an Anthropology of Technology*. Michigan, The University of Michigan, 1992.

46 El código refiere al "Código Único Asignado", el cual corresponde a la cantidad de objetos de estudio que ingresan a la Escuela de Arte y Patrimonio-UNSAM. La clasificación de los motivos se basa en la tipología de González Dubox y colaboradores (2021). Raúl González Dubox, Ariel D. Frank, Manuel E. Cueto y Rafael S. Paunero. "Manifestaciones rupestres situadas: Tipología y distribución de las pinturas de La María Quebrada, Provincia de Santa Cruz", *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano - Series Especiales*, Vol. 9, 2021, pp. 225-244.

TABLA 1. Muestras arqueológicas estudiadas

MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS DE APLICACIÓN DIGITAL					MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS DE APLICACIÓN A PINCEL/HISOPO				
Código	Sitio	Tipo de motivo	Elemento muestreado	Color del estrato analizado	Código	Sitio	Tipo de motivo	Elemento muestreado	Color del estrato analizado
415-19-3 (amarillo)	J/del Felino	Óvalo	Óvalo	Amarillo	415-19-1	J/del Felino	Guanaco	Guanaco	Rojo
415-19-3 (rojo)	J/del Felino	Óvalo	Óvalo	Rojo	415-19-7	J/del Felino	Guanaco	Guanaco	Naranja
415-19-6	J/del Felino	Negativo de mano con puntos	Punto	Negro	415-19-12	J/del Felino	Guanaco	Guanaco	Rojo
415-19-9	J/del Felino	Negativo de mano con puntos	Punto	Negro	415-19-13	J/del Felino	Guanaco	Guanaco	Rojo
415-22-25	Larga	Puntos	Punto	Negro	415-23-15	Cueva Túnel	Línea compuesta	Punto	Naranja
415-22-28	Larga	Circunferencia punteada con trazo	Trazo	Negro	415-16-18	H	Escena (guanaco con círculo)	Guanaco	Rojo
415-20-30	La Cocina	Línea continua perpendicular	Línea	Rojo	415-16-19	H	Escena (guanaco con círculo)	Óvalo	Negro
415-12-35	A	Óvalo punteado	Punto	Rojo	415-16-21	H	Escena (guanaco con círculo)	Guanaco	Negro
415-12-36	A	Óvalo punteado	Punto	Blanco	415-16-22	H	Escena (guanaco con círculo)	Guanaco	Negro
415-12-38	A	Escena (guanaco con guanaco)	Óvalo	Rojo	415-12-37	A	Escena (guanaco con guanaco)	Guanaco	Rojo
415-12-41	A	Trazo	Trazo	Rojo	415-21-49	La Mesada	Figura indeterminada	Punto	Negro
415-1-56	I	Pisada de ave	Pisada	Amarillo	415-1-58	I	Figura indeterminada	Figura indeterminada	Amarillo
415-2-61	II	Felino	Punto	Negro rojizo	415-2-59	II	Antropomorfo	Antropomorfo	Rojo
415-19-83	J/del Felino	Óvalo	Óvalo	Blanco	415-4-69	IV	Guanaco	Guanaco	Negro
415-20-100	La Cocina	Línea	Línea	Rojo	415-23-99	Cueva Túnel	Indeterminado	Trazo	Rojo
Total de muestras: 15					Total de muestras: 15				

Para el análisis morfológico micro-estratigráfico se consideraron variables cualitativas y cuantitativas. Dentro de las primeras, en este trabajo nos centraremos en la forma del borde superior de la capa pictórica que refiere al extremo superior del perfil del estrato pictórico y su disposición en el corte estratigráfico. Mediante el empleo de categorías teóricas, que se presentan en la figura 7, las muestras se clasificaron sistemáticamente según las tendencias formales. Estas pueden ser regulares, si se mantienen similares en todo el estrato estudiado, o irregulares, si varían a lo largo del mismo. En este sentido, las variantes consideradas fueron: a) plana (con forma lineal); b) ondulada; c) crestada (cuando las ondas son más pronunciadas); d) escalonada (con saltos importantes en el borde similares a escalones); e) granulada y f) indeterminada (cuando por diferentes motivos no es posible examinar el borde superior). Para simplificar el análisis, los resultados expuestos indican la tendencia presente en la muestra estudiada, sin ánimos de obviar las heterogeneidades presentes. Por otra parte, se estudiaron variables cuantitativas de tipo discreto (la cantidad de estratos presentes en la micro-muestra) y de tipo continuo: i) el espesor promedio del estrato de pintura (expresado en micrómetros); ii) la desviación estándar de la medición del espesor (en micrómetros); iii) el porcentaje de cobertura de dicha capa.

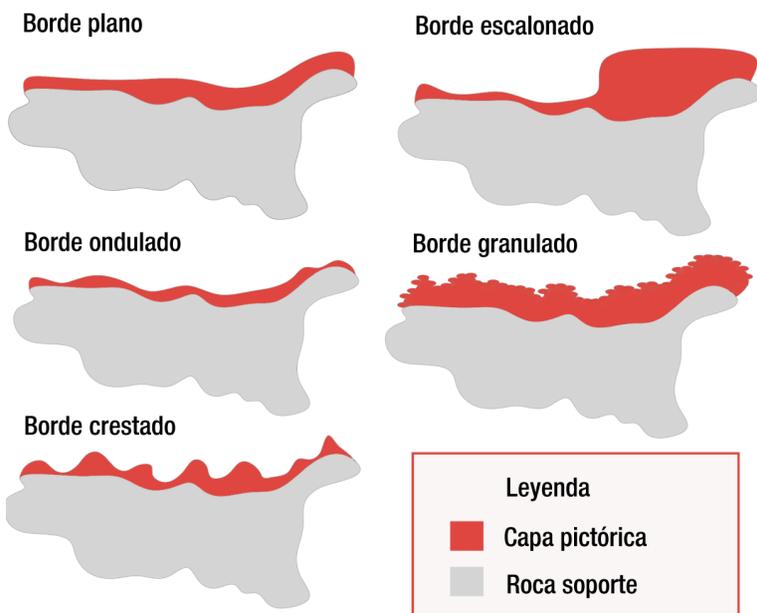


FIGURA 7. Tipos teóricos para la variable "forma del borde superior".

En el caso de las muestras arqueológicas, las mediciones de espesor de estratos fueron realizadas con el software libre ImageJ, v. 1.53 a. Se emplearon con preferencia las micrografías a 200X, aunque también se utilizaron otros aumentos en un grupo minoritario de muestras, por motivos de mayor optimización de las medidas. La calibración se llevó adelante gracias a la escala gráfica de cada micrografía⁴⁷. Se realizaron 10 mediciones del espesor de cada estrato, procurando abarcar una distribución regular dentro de la capa pictórica y reflejar la variabilidad de su espesor. El porcentaje de cobertura resulta de la medición de los sectores del borde superior expuesto del corte transversal de cada capa pictórica en relación con la totalidad de dicho borde superior (que puede contar con sectores cubiertos y descubiertos de capa pictórica).

Confección de las muestras experimentales

Para aproximarnos a las antiguas técnicas de aplicación y garantizar la replicabilidad de los experimentos, se tuvieron en cuenta el control de las variables antes mencionadas, los resultados químicos alcanzados mediante los estudios arqueométricos de las pinturas arqueológicas y el empleo de materias primas provenientes de La María, cuando fue posible. Se estudiaron dos procedimientos de aplicación (digital y a pincel), ya que correspondían a dos de los modos más frecuentes identificados preliminarmente en las pinturas de la localidad a partir de los estudios macroscópicos y a las muestras arqueológicas analizadas. 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 ni replicar la totalidad de materiales y gestos técnicos involucrados en la confección de los motivos prehispánicos.

En este primer abordaje experimental se consideraron tres mezclas pigmentarias básicas, de color negro, blanco y rojo, dispersas⁴⁸ en todos los casos con distintas cantidades de agua y aplicadas mediante dos técnicas (digital por arrastre y a pincel). 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 (figuras 8.A y 8.B).

47 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/micrómetro. Por ende, los resultados se consignan con una cifra significativa luego del cero y con un error de 0,2 micrómetros para las mediciones a 200X, 0,5 micrómetros para las mediciones a 100X y 0,1 micrómetros para las efectuadas a 500X.

48 Para ahondar en las diferencias entre "pigmentos", "materias colorantes" y el concepto de "dispersión" remitimos a Max Doerner, *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*, op. cit., pp. 6-11.

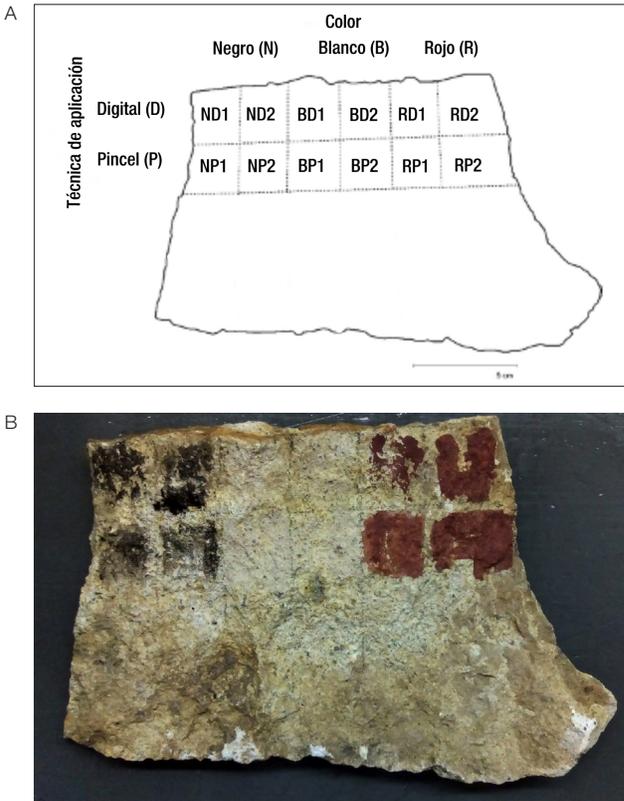


FIGURA. 8. (A) Esquema del diseño experimental; (B) Fotografía de la probeta terminada.

Como pigmentos rojo y blanco se utilizaron materias primas minerales recolectadas en la localidad arqueológica, ricas en hematita y caolinita respectivamente según los análisis químicos efectuados.⁴⁹ Como pigmento negro se empleó carbonilla⁵⁰ marca “R.U.” molida, dado que no se han identificado otras potenciales fuentes de pigmento negro hasta el momento en la localidad. 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 adecuada (figuras 9.A - 9.E).

49 Noemí Mastrangelo, Ariel D. Frank, Fernando Marte y A. G. Leyva. *Estudio de fuentes de pigmentos naturales*. Presentación en póster. XII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Cristalografía, 2017.

50 La carbonilla es un elemento de carbón vegetal, fabricado mediante la combustión de ramitas de madera.



FIGURA. 9. (A) y (B) Ejemplos de las fuentes de minerales blanco y rojo de La María; (C) Mineral blanco luego de la molienda, (D) Pesaje en balanza analítica del pigmento negro; (E) Proceso de molienda de la carbonilla.

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 posicionamiento sobre el soporte. Se decidió emplear agua por las siguientes razones: 1) todavía no tenemos resultados químicos de las pinturas de La María que den indicios de los aglutinantes empleados en su producción; 2) se evitó complejizar las mezclas en esta instancia inicial, ya que luego sería difícil evaluar las causas del comportamiento de las distintas variables. La composición de cada mezcla pigmentaria se detalla en la Tabla 2. Se contempló utilizar dos concentraciones distintas en el diseño experimental para observar si las variables consideradas eran dependientes de esa condición: esto no implica que se hayan preparado mezclas pastosas y acuosas, sino que en todos los casos fueron pinturas de consistencia acuosa con distintas concentraciones.

La aplicación digital se ejecutó por arrastre de la yema del dedo índice cargada con pintura, la cual era aplicada de manera directa sobre la superficie. Por otro lado, para la técnica a pincel se utilizó como instrumento un pincel comercial, de cerdas sintéticas tipo “lengua de gato”, elaborado con un mango de madera. La porción activa de dicho instrumento mide 1 cm de ancho y fue cargada con la misma cantidad de mezcla en todas las aplicaciones, siguiendo pinceladas verticales. 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. Durante la confección de las pinturas experimentales, el soporte se dispuso de manera horizontal sobre la superficie de la mesada de trabajo.

Las muestras se dejaron secar una semana en posición horizontal, en un lugar reparado y en ausencia de radiación o factores climáticos extremos. Luego, se tomaron micro-muestras de cada una de las formas de aplicación ensayadas, con el uso de bisturí y bajo lupa binocular.

Con el objetivo de esclarecer algunos problemas al momento de distinguir microscópicamente el estrato de pintura de la roca,⁵¹ a las muestras blancas de aplicación digital y a pincel planificadas en el diseño experimental se añadieron 4 muestras experimentales –producidas con las mismas técnicas–. De esta manera, el total de muestras extraídas y estudiadas de la probeta experimental fue de 16, de las cuales se incluyen en este artículo 8 (2 muestras de aplicación digital negras, 2 de aplicación digital rojas, 2 de aplicación a pincel/hisopo negras y 2 de aplicación a pincel/hisopo rojas), ya que, como veremos, no fue posible analizar las muestras

51 Se ofrece mayor desarrollo sobre este problema metodológico en Matías Landino, *Un acercamiento a las técnicas pictóricas de las pinturas rupestres prehispánicas de La María*, op. cit.

blancas por la dificultad de discriminar entre el estrato pictórico y el soporte.⁵² Las muestras fueron rotuladas con un código de acuerdo al color, técnica de aplicación y grado de dispersión (ver figuras 8.A).

Por otro lado, se efectuaron mediciones del espesor de estratos pictóricos de las muestras experimentales bajo un aumento de 100X y realizando 15 medidas por cada una, mediante el software Leica Application Suite 4.0.⁵³ A partir de ellas se calculó el espesor promedio y la desviación estándar para cada muestra. Además, se calculó el porcentaje de cobertura para las capas pictóricas, siguiendo el procedimiento explicado.

TABLA 2. Composición de cada mezcla pigmentaria empleada en la experimentación

Color	Dispersión "1" (más concentrada)	Dispersión "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.

Resultados

Los resultados se consignan por técnica de aplicación y se comparan los conjuntos de muestras arqueológicas con las experimentales. 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 y a pincel), se observan algunas tendencias mayoritarias, pero también numerosos casos que no responden a ellas. Antes que contraejemplos o excepciones, es importante recuperar esta heterogeneidad dentro de cada conjunto como la expresión material de la complejidad y variabilidad de los procesos de confección de las

52 En trabajos previos (Frank *et al.*, "Variaciones Del Color...", *op. cit.*), analizamos una muestra de roca soporte sin pintura a los fines de poder interpretar mejor las muestras de pinturas rupestres. Para una discusión de las posibles causas de este problema metodológico ver Matías Landino, *Un acercamiento a las técnicas pictóricas de las pinturas rupestres prehispánicas de La María*, *op. cit.*

53 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.

pinturas. Sin embargo, en este trabajo, para facilitar la comparación entre los conjuntos, se tendrán en cuenta las tendencias de cada grupo.

Muestras digitales

Con respecto a las variables cualitativas, se observó una mayor variación en las muestras arqueológicas que en las experimentales (figura 10.A - 10.E). En el primer grupo, esa diversidad podría estar dada por la variedad de tonos de colores, grados de molienda de las materias primas, superposiciones de estratos y posibles materias primas empleadas en la confección de las mezclas pigmentarias. Por otro lado, la morfología de las muestras experimentales presentó una fuerte dependencia de las mezclas pigmentarias utilizadas, (roja y negra) y sus procesos de producción, ya que fueron manufacturadas de forma controlada en el laboratorio. Por ejemplo, como todas las muestras experimentales rojas comparten la misma mezcla pigmentaria, la granulometría es equivalente.

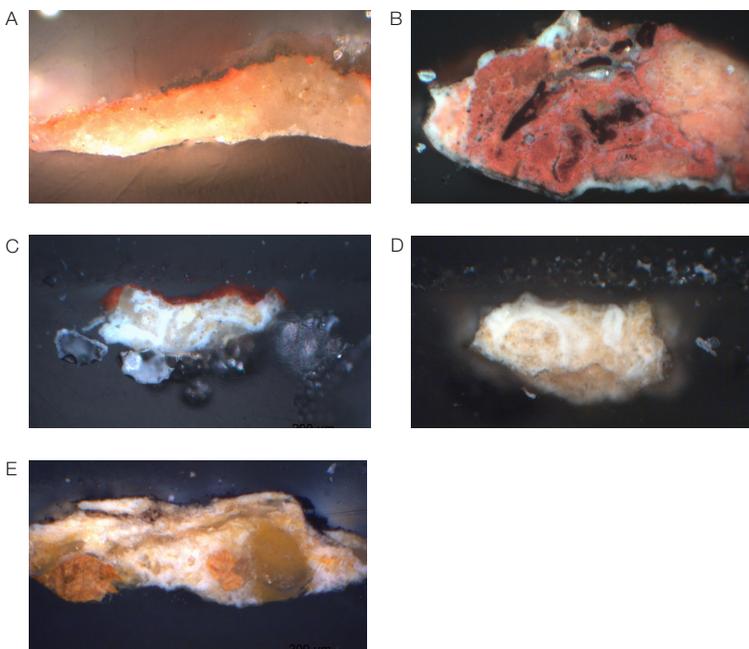


FIGURA 10. Variabilidad identificada en las micro-muestras arqueológicas y micro-muestras experimentales. (A) Micro-muestra arqueológica de aplicación a pincel/hisopo (500x), se evidencia la complejidad de capas encontradas en un mismo estrato pictórico; (B) Micro-muestra arqueológica de aplicación digital (200x), se aprecia su textura heterogénea; (C) Micro-muestra de mezcla experimental color rojo, nótese la homogeneidad del color y la capacidad de discernir un solo estrato; (D) Muestra experimental de color blanca; nótese la imposibilidad de diferenciar entre capa pictórica y roca soporte; (E) Micro-estratigrafía de muestra experimental negra.

Sin embargo, en las muestras experimentales, la forma del borde superior de la capa pictórica exhibió un comportamiento que no dependía exclusivamente de las mezclas pigmentarias utilizadas (Tabla 3, figura 11⁵⁴). En todas las muestras digitales experimentales negras y rojas (n = 4) se observó un tipo de borde crestado. Además, un 75% de las muestras presentan bordes irregulares. Por su parte, en las muestras arqueológicas (n = 15) el tipo de borde presentó más variantes, aunque el borde crestado continuó siendo mayoritario (40% de los casos), seguido por los bordes ondulados y granulados (20% de los casos respectivamente). Con respecto a la regularidad, se observó un 53% de las muestras con bordes irregulares. Cabe destacar que la presencia de crestas ocurrió con una frecuencia relativa similar entre las muestras arqueológicas digitales por arrastre y puntuales (44% y 33 %, respectivamente).

Dejando de lado las variables cualitativas, nos centraremos en las cuantitativas, cuyos resultados se pueden observar en las Tablas 4 y 5.⁵⁵ Las mediciones de espesor de estrato pictórico en las muestras de aplicación digital arqueológicas presentaron un promedio de 10,3 micrómetros y un rango de 34,2 micrómetros (n=15).⁵⁶ Por su parte, las mediciones realizadas en las muestras digitales experimentales (n = 4) arrojaron un espesor promedio del estrato de 17,9 micrómetros, con un rango de 14,1 micrómetros. Si bien en las últimas el espesor promedio fue mayor, la diferencia entre ambos grupos no es tan grande. Sin embargo, el rango fue menor en las experimentales, reflejando una menor dispersión de los valores, probablemente como consecuencia del control de las variables realizado en la experimentación, que no tiene una correspondencia directa con el registro arqueológico (ya que las pinturas rupestres estuvieron sometidas a los agentes de deterioro naturales y antrópicos por miles de años). Por otro lado, los valores atípicos en el espesor de las muestras digitales arqueológicas podrían significar, además de posibles errores en el procesamiento de las muestras, variaciones en la técnica clasificada como “digital” o una clasificación macroscópica equívoca.⁵⁷ Los valores atípicos para el espesor promedio corresponden a dos muestras digitales por arrastre y a una digital puntual.

54 Las micrografías fueron intervenidas digitalmente para resaltar la morfología irregular crestada.

55 Con el símbolo * se señalan los valores atípicos para el conjunto, que no fueron empleados en el cálculo de los parámetros estadísticos. Los resultados marcados con “No” representan la imposibilidad del cálculo del porcentaje de cobertura

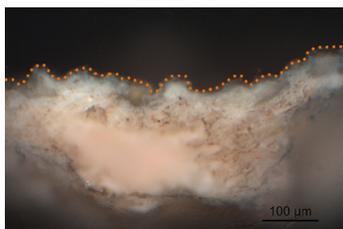
56 Estos parámetros fueron calculados sin considerar los valores atípicos en el conjunto.

57 Otra forma de la técnica digital, además del arrastre y del punteo, podría ser, por ejemplo, el arrastre de la pintura con un gesto técnico distinto al lineal.

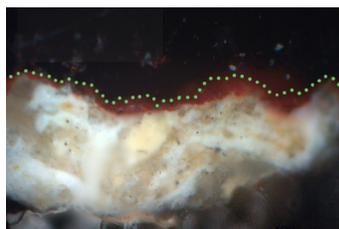
TABLA 3. Frecuencias de los resultados de la variable forma del borde superior de la capa pictórica para las muestras de aplicación digital arqueológicas y experimentales

Frecuencias de la forma del borde superior en las muestras arqueológicas de aplicación digital (n = 15)								
	Irregular		Regular		Indeterminado		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Crestado	4	26,67	2	13,33	0	0,00	6	40,00
Ondulado	1	6,67	2	13,33	0	0,00	3	20,00
Granulado	1	6,67	2	13,33	0	0,00	3	20,00
Escalonado	2	13,33	0	0,00	0	0,00	2	13,33
Indeterminado	0	0,00	0	0,00	1	6,67	1	6,67
Total	8	53,33	6	40,00	1	6,67	15	100,00

Frecuencias de la forma del borde superior en las muestras experimentales de aplicación digital (n = 4)								
	Irregular		Regular		Indeterminado		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Crestado	3	75,00	1	25,00	0	0,00	4	100,00
Ondulado	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Granulado	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Escalonado	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Indeterminado	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Total	3	75,00	1	25,00	0	0,00	4	100,00



415-19-83 200X
Digital experimental / Color rojo



415-19-83 200X
Digital arqueológica / Color blanco

FIGURA 11. Ejemplos de la tendencia de la forma del borde superior de la capa pictórica en las muestras arqueológicas y experimentales de aplicación digital

TABLA 4. Resultados de la medición del espesor y la cobertura en muestras de aplicación digital arqueológica

Mediciones del espesor de las muestras de aplicación digital arqueológicas				
Nombre	Promedio del espesor (µm)	Desviación estándar (µm)	% de variación	% 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	48,4	20,87%	No
Promedio del espesor (µm)	10,3	Promedio del % de cobertura (%)68,93		
Rango del espesor (µm)	34,2	Rango del % de cobertura 78,40		
Desviación estándar del espesor (µm)	9,9			
Mediana del espesor (µm)	6,4			

TABLA 5. Resultados de la medición del espesor y la cobertura de las muestras experimentales de aplicación digital

Mediciones del espesor de las muestras de aplicación experimental digital				
Nombre	Promedio del espesor (µm)	Desviación estándar (µm)	% de variación	% 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
ND2	24,6	14,1	57,29	54,03
Promedio del espesor (µm)	17,9	Promedio del % de cobertura: 79,92%		
Rango del espesor (µm)	14,1			
Desviación estándar del espesor (µm)	5,9	Rango del % de cobertura: 45,97%		
Mediana del espesor (µm)	18,3			

Con respecto al porcentaje de cobertura, para las muestras de aplicación digital arqueológicas el promedio fue de 68,9%, con un rango que va entre 21,6 a 100%. En las muestras experimentales, el valor de la misma variable fue de 79,9%, con un rango de 54,0-100%. A pesar de presentar parámetros de tendencia central relativamente próximos, los rangos mostraron variaciones entre los grupos: ambos tienen casos de cobertura al 100%, aunque existe un umbral de menor valor en las arqueológicas. Esto significaría, en principio, que la técnica digital arqueológica, en comparación con las muestras experimentales, puede generar resultados de menor continuidad de la capa pictórica a nivel microscópico, aunque esto también podría deberse a otros factores, como los deterioros presentes en los motivos rupestres (descamaciones, exfoliaciones, etc.).

En resumen, según los resultados obtenidos, y a partir de la comparación entre los datos experimentales y aquellos provenientes del registro arqueológico, la morfología microscópica de las muestras digitales estaría caracterizada por una tendencia a irregularidades pequeñas o crestas en el borde superior de la capa pictórica. En general, el espesor promedio de los estratos es menor a los 18,0 micrómetros. En relación con la continuidad de la capa pictórica, hay una tendencia a buena cobertura, con un promedio mayor al 68% en ambos grupos.⁵⁸

58 Esta variable fue medida en 10 de las 15 muestras.

Muestras a pincel

En las muestras arqueológicas, el conjunto de variables cualitativas presentó morfologías diversas, seguramente a causa de los distintos procesos de manufactura de los motivos rupestres muestreados y sus deterioros ante el paso del tiempo. Cabe recordar que, durante los trabajos de campo, estas muestras fueron clasificadas como técnicas de aplicación indirectas a pincel o hisopo por la imposibilidad de distinguir macroscópicamente entre ambos instrumentos. En el caso de las muestras experimentales, todas fueron elaboradas utilizando un pincel y se observó una marcada dependencia del comportamiento de las variables cualitativas con las mezclas pigmentarias empleadas (*i. e.* negra y roja).

La forma del borde superior de la capa pictórica presentó variaciones que parecen depender de la técnica pictórica (Tabla 6, figura 12⁵⁹). En las muestras experimentales ($n = 4$) se observó que un 50% de ellas poseen un borde regular y plano, mientras que el otro 50% es irregular y granuloso. En este caso particular, el granuloso coincidió con el uso del color negro y probablemente se deba a la morfología de las partículas del carbón en la superficie del estrato. Por otro lado, en las muestras arqueológicas ($n = 15$) se observó una mayor cantidad de variantes (5 tipos), siendo los bordes plano y escalonado los de mayor frecuencia (33% y 27%, respectivamente). Esto podría estar vinculado a que la categoría “a pincel/hisopo” habría incluido numerosas variaciones, dependiendo de los elementos intermediarios utilizados, los gestos técnicos involucrados y las características físicas de las mezclas pigmentarias. También se observó que los casos de borde granuloso coincidieron con el uso de un pigmento negro en las mezclas pigmentarias. La discrepancia en los resultados de esta variable entre ambos grupos podría deberse a que en la experimentación se empleó únicamente un tipo de elemento intermediario (pincel), con un solo gesto técnico evaluado, mientras que en las muestras arqueológicas esos aspectos son más complejos y, en parte, desconocidos.

Por otro lado, las variables cuantitativas exhibieron los valores presentados en las Tablas 7⁶⁰ y 8. El espesor promedio del estrato pictórico fue mayor en las muestras arqueológicas a pincel/hisopo (50,3 micrómetros; $n = 15$) que en las experimentales (22,6 micrómetros; $n = 4$). Esa discrepancia entre los grupos fue acompañada por un rango más de 4 veces mayor de las muestras arqueológicas (183,1 micrómetros), en comparación con las experimentales (44,2 micrómetros), que implica una mayor dispersión de los valores en el primer conjunto. Siguiendo lo comentado para las variables cualitativas, estos resultados reflejan la mayor diversidad de morfologías presentes en el conjunto arqueológico.

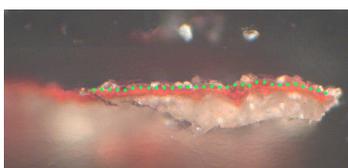
59 La imagen fue intervenida digitalmente para resaltar la morfología.

60 Los resultados marcados con “No” representan la imposibilidad del cálculo del porcentaje de cobertura.

TABLA 6. Forma del borde superior de la capa pictórica para las muestras arqueológicas y experimentales de aplicación a pincel/hisopo

Frecuencias de la forma del borde superior en las muestras arqueológicas de aplicación a pincel/hisopo (n = 15)								
	Irregular		Regular		Indeterminado		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Crestado	1	6,67	0	0,00	0	0,00	1	6,67
Ondulado	1	6,67	1	6,67	0	0,00	2	13,33
Granulado	2	13,33	1	6,67	0	0,00	3	20,00
Plano	1	6,67	4	26,67	0	0,00	5	33,33
Escalonado	3	20,00	1	6,67	0	0,00	4	26,67
Indeterminado	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Total	8	53,33	7	46,67	0	0,00	15	100,00

Frecuencias de la forma del borde superior en las muestras experimentales de aplicación a pincel (n = 4)								
	Irregular		Regular		Indeterminado		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Crestado	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Ondulado	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Plano	0	0,00	2	50,00	0	0,00	2	50,00
Granulado	2	50,00	0	0,00	0	0,00	2	50,00
Escalonado	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Indeterminado	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Total	2	50,00	2	50,00	0	0,00	4	100,00



415-19-13 200X
A pincel / hisopo arqueológica. Color rojo



RP2 100X
A pincel experimental. Color rojo

FIGURA 12. Ejemplo de la tendencia en la forma del borde superior de la capa pictórica en las muestras arqueológicas de aplicación a pincel/hisopo y experimentales a pincel, irregular plano y regular plano, respectivamente.

TABLA 7. Resultados de la medición del espesor y la cobertura de las muestras arqueológicas de aplicación a pincel/hisopo

Mediciones de espesor y porcentaje de cobertura de las muestras arqueológicas de aplicación a pincel/hisopo				
Código	Promedio del espesor (μm)	Desvío estándar (μm)	Coefficiente de variación	% 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 del espesor (μm)	50,3		Promedio del % cobertura 84,45%	
Rango del espesor (μm)	183,0			
Desviación estándar del espesor (μm)	62,0		Rango del % de cobertura 32,79%	
Mediana del espesor (μm)	21,6			

TABLA 8. Resultados de la medición del espesor y la cobertura de las muestras experimentales de aplicación a pincel

Mediciones del espesor y porcentaje de cobertura de las muestras experimentales de aplicación a pincel				
Código	Promedio (µm)	Desvío estándar (µm)	% de variación	% 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
Promedio del espesor (µm)	22,6	Promedio del % de cobertura 64,38%		
Rango del espesor (µm)	44,2			
Desviación estándar del espesor (µm)	19,2	Rango del % de cobertura: 61,43%		
Mediana del espesor (µm)	17,1			

Con respecto a los porcentajes de cobertura, en las muestras arqueológicas se observó un promedio del 84,45%, con un rango que abarca desde un 65,1% a un 97,9%. Esto significa que, al menos desde un punto de vista microscópico, en esas micro-estratigrafías se observa una tendencia a una buena continuidad del estrato pictórico. En el caso de las muestras experimentales, el promedio fue más bajo, de 64,4 % y el rango más amplio (27,5-88,9%). Ello podría estar relacionado con algunos problemas de cohesión del estrato pictórico durante el procesamiento de las muestras, que habrían repercutido en una menor continuidad de los estratos en ellas.

Entonces, de acuerdo con estos resultados, la morfología microscópica de las muestras a pincel varía según las mezclas pigmentarias empleadas pero también a partir del empleo de distintos elementos intermediarios y gestos técnicos. La experimentación sugiere que la aplicación con el pincel favorece un borde superior del estrato plano, que puede observarse en varias de las muestras arqueológicas; sin embargo, no alcanza a explicar las otras morfologías observadas en ese conjunto. Con respecto a las variables cuantitativas, la tendencia es a un espesor promedio alto, aunque con rangos amplios. Se observó una cobertura mayor al 64% de los estratos pictóricos,⁶¹ con unos pocos casos menores al 60% en las experimentales.

61 El porcentaje de cobertura de las muestras arqueológicas de aplicación a pincel/hisopo fue medido en 9 muestras.

Discusión

Con respecto a las variables cualitativas consideradas, se han encontrado muchas diferencias entre las muestras arqueológicas y las experimentales. La experimentación permitió observar que variables tales como granulometría, color, presencia de inclusiones y textura parecerían 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 un disparador de reflexión ante la gran diversidad que esas mismas variables presentan en las muestras arqueológicas.

De manera preliminar, la forma del borde superior de las capas pictóricas analizadas podría ser una variable indicativa de las distintas técnicas de aplicación. Dentro de las muestras arqueológicas y experimentales se han observado indicios de que la técnica de aplicación digital, con sus distintos gestos técnicos, favorecería un borde crestado. En principio, esto podría deberse a la presión de los dedos sobre la roca soporte, tanto durante el arrastre como en la depositación puntual de la mezcla pigmentaria. Por otro lado, la técnica de aplicación a pincel presentaría una mayor versatilidad 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), que probablemente habrían ejercido distintas presiones sobre la pintura durante la aplicación y se habrían interrelacionado con distintos gestos técnicos. El registro de la morfología de borde plano como una de las variantes de mayor frecuencia en las muestras arqueológicas se condice con los resultados experimentales, particularmente en las muestras de color rojo. En ese caso, la morfología plana podría deberse al uso del pincel y al gesto técnico empleado en la experimentación. Este punto, por contraposición, podría ser otro argumento para interpretar la desviación de la longitud de los espesores y formas de las muestras arqueológicas a pincel/hisopo como un indicio más del empleo de diversos instrumentos. Esto se condice con la detección de diferentes grosores de línea en los motivos rupestres, que podrían haber sido confeccionados con elementos intermediarios distintos.⁶²

En relación con lo anterior, es importante destacar que las discrepancias entre los resultados de las muestras arqueológicas y las experimentales indican la complejidad de estos procesos y la dificultad de extrapolar conclusiones rápidas sobre ellos. Esto se debe, probablemente, a que no conocemos la diversidad de materiales y técnicas

62 Rafael S. Paunero *et al.*, "Arte Rupestre En Estancia La María...", *op. cit.*

empleadas en el pasado para la confección de las pinturas, en especial de los aglutinantes, con lo cual la experimentación es necesariamente parcial y simplificada. Asimismo, el tamaño del diseño experimental es muy limitado y un mayor número de muestras experimentales complejizaría la mirada sobre el problema investigado. Del mismo modo, en las muestras experimentales no se han empleado técnicas que simulen envejecimiento, siendo este 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 alertas a los riesgos de las inferencias arqueológicas sobre las técnicas de aplicación. En el futuro, estas cuestiones mencionadas serán abordadas sistemáticamente por nuestro equipo de investigación.

Con respecto a las variables cuantitativas, 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 rangos más acotados que las muestras a pincel. Los valores del espesor promedio de las capas pictóricas y sus parámetros estadísticos (media, mediana, desviación estándar y rango) permitieron diferenciar significativamente entre los conjuntos de muestras arqueológicas agrupadas por técnica de aplicación, aunque no fue así en las muestras experimentales (Tablas 9⁶³ y 10⁶⁴). Como se puede ver en las tablas, en el caso de las muestras arqueológicas la diferencia es estadísticamente significativa, con un grado de significancia mayor al 95%, de acuerdo con la prueba estadística realizada (t de Student). En el caso de las muestras experimentales, sin embargo, la diferencia no resulta estadísticamente significativa con el grado de significancia elegido. Ello puede deberse a distintas razones, como el reducido número de muestras experimentales analizadas.

63 La diferencia tiene un grado de significancia mayor al 95% y fue calculada mediante una 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.

64 La prueba t de Student para dos muestras fue realizada suponiendo varianzas desiguales, a dos colas. Como puede observarse en el resultado, el valor de p ($T \leq t$) es mayor al 0,05, lo que indica que las diferencias entre los espesores de los conjuntos experimentales no son estadísticamente significativas. Los estadísticos se calcularon mediante el software Microsoft Excel.

TABLA 9. Comparación de los espesores promedio de los conjuntos de muestras arqueológicas y valor de la prueba estadística de t de Student, para evaluar si las diferencias entre los valores son significativas

Espesor promedio de muestras arqueológicas a pincel/hisopo		Espesor promedio de muestras arqueológicas digitales	
Código	Espesor promedio (μm)	Código	Espesor promedio (μm)
415-23-15	4,2	415-12-41	1,5
415-4-69	5,6	415-19-9	2,4
415-16-21	6,3	415-12-35	2,5
415-23-99	10,6	415-19-6	2,3
415-19-13	13,3	415-12-36	6,2
415-12-37	13,7	415-19-3 roja	6,4
415-2-59	17,2	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)	10,3
Desviación estándar (μm)	62,0	Desviación estándar (μm)	9,9
Mediana (μm)	21,6	Mediana (μm)	6,4
Rango (μm)	183,0	Rango (μm)	34,3
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales, a dos colas (comparación entre espesores promedio de las muestras arqueológicas a pincel/hisopo y arqueológicas digitales)			
P(T<=t) dos colas		0,0245	

TABLA 10. Comparación de los espesores promedio de los conjuntos de muestras experimentales y valor de la prueba estadística de t de Student, para evaluar si las diferencias entre los valores son significativa

Espesor promedio de las muestras experimentales de aplicación digital		Espesor promedio de las muestras experimentales de aplicación a pincel	
Código	Promedio del espesor (µm)	Código	Promedio del espesor (µm)
ND1	10,5	RP1	6,0
RD2	16,7	NP2	15,8
RD1	19,8	RP2	18,5
ND2	24,6	NP1	50,2
Promedio (µm)	17,9	Promedio del espesor (µm)	22,6
Desviación estándar del espesor (µm)	5,9	Desviación estándar del espesor (µm)	19,2
Mediana del espesor (µm)	18,3	Mediana del espesor (µm)	17,1
Rango del espesor (µm)	14,1	Rango del espesor (µm)	44,2
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales, a dos colas (comparación entre espesores promedio de las muestras experimentales a pincel y experimentales digitales)			
P(T<=t) dos colas		0,6618	

En este punto, cabe retomar los interrogantes mencionados sobre la posible existencia de variantes dentro de cada técnica de aplicación en las muestras arqueológicas. Como se ha señalado, la categoría de “a pincel/hisopo” abarca una potencial variedad de elementos intermedios 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 capas superpuestas de pintura. Estas variantes técnicas habrían involucrado, también, modificaciones en las mezclas pigmentarias, aspecto documentado en otros sitios arqueológicos.⁶⁵

65 Ariel D. Frank *et al.*, “Variaciones Del Color...”, *op. cit.*

Por último, los porcentajes de cobertura de las muestras arqueológicas exhiben que las digitales poseen una media más baja y un rango más amplio que las muestras a pincel/hisopo (Tabla 11). La tabla presentada incluye solo los casos en los que se pudo medir. Mientras tanto, en las experimentales la tendencia es inversa, con una media de cobertura más baja y un rango más amplio en las muestras a pincel. Esto podría estar influenciado por la sensibilidad de los estratos al agua y requiere mayor investigación. Cabe destacar que en las muestras arqueológicas (digitales y a pincel/hisopo) y en las digitales experimentales se registraron porcentajes de cobertura del 100% o muy cercanos, lo que sugiere que en ambas formas de aplicación estudiadas es posible lograr una capa pictórica de excelente continuidad, al menos desde un punto de vista microscópico.

TABLA 11. Comparación de los porcentajes de cobertura entre los distintos conjuntos estudiados

Conjunto	% de cobertura promedio	% de cobertura mínimo y máximo
Digital arqueológico (n = 10)	68,93	21,60 - 100,00
Digital experimental (n = 4)	79,92	54,03 - 100,00
A pincel/hisopo arqueológico (n = 9)	84,45	65,09 - 97,88
A pincel experimental (n = 4)	64,38	27,45 - 88,88

Perspectivas

En los futuros trabajos exploraremos algunas dificultades que surgieron en el desarrollo de este estudio. En primer lugar, la experimentación fue reducida, ya que empleó mezclas pigmentarias compuestas por minerales dispersos en agua, sin considerar aditivos y/o aglutinantes. Específicamente, la ausencia de materiales filmógenos en ellas habría influenciado de forma directa la morfología observada microscópicamente. Otro aspecto a trabajar en la experimentación es el posicionamiento de la roca soporte al momento de realizar la aplicación y el empleo de elementos intermediarios acordes al registro arqueológico regional. Por último, es necesario ampliar el número de micro-muestras experimentales estudiadas y evaluar cómo ello incide en las variables consideradas.

En el orden metodológico, la inclusión de micro-muestras con estratos sensibles al agua y la diferenciación microscópica entre soporte y capas pictóricas fueron puntos difíciles. En el primer caso, tanto en las muestras arqueológicas como en todas las experimentales, el proceso de

inclusión afectó la morfología, especialmente en aquellas muestras con capas pictóricas sensibles al agua y/o con problemas de cohesión. Sin embargo, teniendo en cuenta que se empleó la misma metodología en todos los casos analizados, las comparaciones mantienen su validez. Con respecto al segundo caso, fue especialmente relevante en las muestras de capas pictóricas blancas, ya que la roca soporte de La María tiende a presentar un aspecto similar al de la capa pictórica. La importancia de la detección de estos problemas radica en que, al no lograrse identificar claramente algunos estratos pictóricos y al perder información por el tratamiento de las muestras, los análisis arqueométricos posteriores de esos materiales se verían afectados.

Consideraciones finales

A partir de esta investigación fue posible avanzar en una línea que permite 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 que permitirían distinguir entre muestras provenientes de pinturas con distintas formas de aplicación. Estas diferencias son estadísticamente significativas para las muestras arqueológicas a pincel/hisopo 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 de aplicación digitales tienden a un espesor de estrato menor y a una menor dispersión. Esta variabilidad en los espesores 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.

Más allá de las tendencias, se observaron casos minoritarios o aparentemente excepcionales que también poseen relevancia para el estudio de las técnicas. En las muestras arqueológicas de aplicación digital se hallaron valores atípicos para el espesor de estrato, que representan el 20% de los casos estudiados. En las muestras arqueológicas de aplicación a pincel/hisopo también fueron registrados valores de espesor muy altos, aunque se encontraban dentro de los límites calculados para los valores típicos. Ambas situaciones señalan la presencia de 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, aunque deberían ser integradas con la observación macroscópica sistemática. 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 y su variabilidad entre mezclas habría sido fundamental en estas variantes para lograr los resultados mencionados. Entre esos posibles materiales filmógenos mencionados en los estudios arqueológicos y etnográficos para la región y áreas aledañas (Patagonia septentrional) se encuentran la grasa de choique⁶⁶ y de otros animales,⁶⁷ y aceites secantes.⁶⁸

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 formas de aplicación estudiadas permiten la creación de capas pictóricas continuas, al menos desde un punto de vista microscópico.

Con respecto a las variables cualitativas, permitieron observar en las muestras arqueológicas una diversidad morfológica mayor a la perceptible desde un punto de vista macroscópico. Cada micro-estratigrafía 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,⁶⁹

66 Jean-Marie Franchomme. *L'art Rupestre Préhistorique de Patagonie: Une Géographie*. Tesis de Doctorado inédita. Universidad de París X. Francia. Manuscrito, 1991; Rocío V. Blanco, *El Arte Rupestre En Los Macizos Del Deseado y Somuncurá...*, *op. cit.*; Rocío V. Blanco y Natalia G. Barreto, "Experimental Rock Art Studies...", *op. cit.*

67 George Brook *et al.*, "Pigments, binders, and ages of rock art at Viuda Quenzana...", *op. cit.*; Marta. S. Maier, Dalva L.A. de Faria, María T. Boschín, Sara D. Parera, María F. del Castillo Bernal. "Combined use of vibrational spectroscopy and GC-MS methods in the characterization of archaeological pastes from Patagonia" *Vibrational Spectroscopy* Vol. 44, N° 1, 2007, pp. 182-186; Gabriela I. Massafferro, Gloria I. Arrigoni, María Teresa Boschín, Mabel M. Fernández, Eduardo A. Crivelli y José Agustín Cordero. "Indicadores de tecnología y etnodinamia: el análisis de pigmentos en el paraje arqueológico Comallo Arriba, provincia de Río Negro, Argentina", *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino* Vol. 17, N° 1, 2012, pp. 117-127.

68 María Boschín, Alicia Seldes, Marta Maier, Rodolfo Casamiquela, Rossana Ledesma y Gonzalo Abad. "Análisis de Las Fracciones Inorgánica y Orgánica de Pinturas Rupestres y Pastas de Sitios Arqueológicos de La Patagonia Septentrional Argentina.", *Zephyrus: Revista de Prehistoria y Arqueología*, N° 55, 2002, pp. 183-19..

69 Ariel D. Frank *et al.*, "Variaciones Del Color...", *op. cit.*; Esther López-Montalvo *et al.*, "

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.⁷⁰ Además, es preciso señalar que la contrastación entre los resultados experimentales y 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 empleada.

Siguiendo con lo anterior, en la morfología de las capas pictóricas se han observado indicios –advertidos en las muestras experimentales y luego percibidos en las arqueológicas– que podrían ayudar a detectar las formas de aplicación de la pintura. En ese sentido, las muestras digitales tienden a una mayor irregularidad morfológica, particularmente en el borde superior de la capa pictórica, mientras que en las muestras a pincel se observa una mayor diversidad, lo cual se corresponde con la clasificación macroscópica pincel/hisopo utilizada en los relevamientos de campo. En las muestras digitales predomina el borde crestado, mientras que en las muestras a pincel/hisopo hay una tendencia a los bordes planos. La forma del borde superior podría ser, entonces, un punto a tener en cuenta para diferenciar microscópicamente posibles técnicas de aplicación.

En base a lo descrito, 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: la forma del borde superior de la capa pictórica, el espesor promedio (y su estadística descriptiva) y el porcentaje de cobertura.

En relación con el punto anterior, este trabajo pone en evidencia la importancia de vincular los análisis arqueométricos con la experimentación, ya que esta permite identificar en la morfología microscópica de las muestras aquellas huellas materiales dejadas por los distintos

Identification of Plant Cells in Black Pigments of Prehistoric Spanish Levantine Rock Art...”, *op. cit.*
70 Dánae Fiore, “The Materiality of Rock Art...”, *op. cit.*; Andrés Troncoso, Felipe Armstrong, Francisco Vergara, Francisca Ivanovic y Paula Urzúa. “Nurturing and Balancing the World: A Relational Approach to Rock Art and Technology from North Central Chile (Southern Andes)”, *Cambridge Archaeological Journal* Vol. 30, N° 2, mayo 2020, pp. 239-255.

procesos de producción. Con esa información, es posible indagar en el registro arqueológico para identificar la presencia de esos marcadores y realizar inferencias con mayor solvencia.

Por otra parte, 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*. La experimentación permitió tener certeza de cómo habían sido aplicadas las mezclas pigmentarias en las muestras experimentales estudiadas; en las muestras arqueológicas, al contrario, 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. Tanto los valores atípicos, como las diferencias de los resultados experimentales con los arqueológicos, 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 materiales para la observación directa *in situ*.

Desde un punto de vista metodológico, sería importante poner en cuestión algunas categorías de relevamiento macroscópico (como, por ejemplo, la técnica a pincel/hisopo), empleadas con frecuencia a nivel regional 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 *in situ* de las distintas técnicas pictóricas, apoyadas en la evidencia experimental y arqueológica microscópica. Nuevos abordajes de análisis macroscópico, con asistencia de técnicas de observación por luz rasante y bajo distintos aumentos, podrían formar parte de relevamientos de segunda instancia más detallados, fundamentales para el estudio de las formas de aplicación de las pinturas rupestres.

Biografía de los autores

Matías Landino

Licenciado en Conservación y Restauración del Patrimonio Cultural (UNSAM). Actualmente es becario doctoral del CONICET en el área de arqueología. Participa de distintos proyectos de investigación sobre el arte rupestre del este de la Provincia de Catamarca y de la Provincia de Santa Cruz.

Lucas Gheco

Es Doctor en Ciencias Antropológicas (FFyH, UNC) y Licenciado en Arqueología (EdA, UNCA). Actualmente se desempeña como docente de grado en la Licenciatura en Conservación y Restauración del Patrimonio Cultural de la Escuela de Arte y Patrimonio (UNSAM) e Investigador Asistente del CONICET. Se especializa en el estudio del arte rupestre prehispánico del Noroeste Argentino, con énfasis en la aplicación de técnicas de análisis físico-químicas para la comprensión de los procesos históricos de producción, usos y transformaciones de las pinturas parietales

Noemí Mastrangelo

Desde hace 10 años es docente en la Licenciatura de Conservación y Restauración del Patrimonio Cultural de la Universidad Nacional de San Martín, docente en la Escuela Nacional de Museología, forma parte de diferentes tipos de proyectos de investigación de diversas disciplinas en la Escuela de Arte y Patrimonio (UNSAM) y es becaria Doctoral CONICET.

Ariel D. Frank

Licenciado en Antropología y doctor en Ciencias Naturales por la Universidad Nacional de La Plata, y cuenta con un posgrado en Comunicación Científica, Médica y Ambiental de la Universidad Pompeu Fabra (España). Sus investigaciones se centran en el estudio de las sociedades cazadoras-recolectoras que habitaron la Patagonia en el pasado, con énfasis en las prácticas tecnológicas que articulan el uso del fuego, la manufactura de instrumentos líticos y la elaboración del arte rupestre.

Fernando Marte

Ingeniero Químico (UNC) y Doctor en Biología Molecular y Biotecnología (UNSAM). Desde 2007, Profesor Adjunto concursado y desde 2013 Profesor Titular concursado del Instituto de Investigaciones sobre Patrimonio Cultural. Becario Marie Curie, Smithsonian Center for Material Research and Education, Fundación Antorchas y Fundación Bunge y Born. Fellow del International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works.