

Implicancias tecnológicas del uso del yeso y la cal en el arte rupestre de La Tunita (departamento Ancasti, provincia de Catamarca): aportes a través de la experimentación con mezclas pigmentarias

Gustavo G. Acosta, Guillermo A. De La Fuente y Domingo C. Nazar

Recibido 21 de julio 2020. aceptado 08 de febrero 2021

RESUMEN

Este trabajo presenta la labor experimental realizada en el marco del estudio de las mezclas pigmentarias de las pictografías rupestres del alero de La Sixtina y la Cueva del Hornero en el complejo de sitios La Tunita (departamento Ancasti, Catamarca). La experimentación fue diseñada y llevada adelante con el objetivo de evaluar los resultados de investigaciones previas, caracterizar las propiedades de los materiales y esbozar tentativamente las principales características de la *chaîne opératoire* que intervino en la elaboración de las pictografías. Los resultados obtenidos permitieron establecer que el uso del yeso –o *aljez*– natural recolectado de una cantera local brinda muy buenas propiedades de trabajabilidad para la ejecución de grandes pictografías. Adicionalmente, se infiere la utilización de materiales tipo *filler* como calcita y cal, que en algunos casos mejorarían respectivamente la cohesión del material y algunos tipos de soportes. Finalmente, se ha observado que la utilización de un componente orgánico (baba de cactus) agregado a las mezclas pigmentarias aporta un efecto retardante en los tiempos de fraguado del yeso, que permite una mayor trabajabilidad.

Palabras clave: Experimentación; Mezcla pigmentaria; Yeso; Arte rupestre, Catamarca.

Technological implications of the use of gypsum and lime in the rock art of La Tunita (Ancasti department, Catamarca province): contributions through experimentation with pigment mixtures

ABSTRACT

This paper presents experimental research on pigment mixtures from La Sixtina shelter and El Hornero cave rock art pictographs, located at the site complex of La Tunita, Department of Ancasti, Catamarca. The goal of the experiment was to evaluate previous research, characterize material properties, and tentatively highlight the main characteristics of the *chaîne opératoire* involved in the execution of the large pictographs. Results obtained established that local natural gypsum –or *aljez*– has very good workability properties for the execution of large pictographs. Additionally, the use of filler-type materials such as calcite and lime is inferred, which in some cases improved the material cohesion of the material and rock substrate. Finally, it was observed that the use of an organic component (cactus slime) in the pigment mixtures retarded the setting of the gypsum, thus improving workability.

Keywords: Experimentation; Pigmentary mixture; Gypsum; Rock art; Catamarca.

Gustavo G. Acosta. Laboratorio de Petrología y Conservación Cerámica, Escuela de Arqueología, Universidad Nacional de Catamarca / Centro de Investigación y Transferencia de Catamarca (CITCa.), CONICET, Belgrano N° 300, Campus Universitario (4700), Catamarca, Argentina. E-mail: gabriel.laurent.leon@gmail.com

Guillermo A. De La Fuente. Laboratorio de Petrología y Conservación Cerámica, Escuela de Arqueología, Universidad Nacional de Catamarca / Centro de Investigación y Transferencia de Catamarca (CITCa.), CONICET, Belgrano N° 300, Campus Universitario (4700), Catamarca, Argentina. E-mail: gfuente2004@yahoo.com.ar

Domingo C. Nazar. Escuela de Arqueología, Universidad Nacional de Catamarca, Belgrano N° 300, Campus Universitario (4700), Catamarca, Argentina. E-mail: dcnazar@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La sierra de Ancasti se ubica en el sector oriental de la provincia de Catamarca, Argentina, y configura una zona ecotonal de singulares características que ha permitido la ocupación humana a lo largo del tiempo debido a la disponibilidad de recursos y aptitudes para las prácticas agrícolas y ganaderas. La vegetación se dispone en tres pisos ecológicos que se distinguen por factores climáticos y geológicos (Morlans, 1995). La zona además ofrece un variado registro arqueológico donde sobresalen estructuras residenciales y pircadas que dan cuenta del desarrollo cultural que tuvieron los pueblos prehispánicos. El área de estudio posee bloques graníticos a los que la acción del medio ambiente modeló en oquedades, abrigos rocosos y cuevas que los pueblos prehispánicos eligieron para plasmar las pictografías rupestres (Aceñolaza y Toselli, 1977). Los numerosos lugares con arte rupestre de la sierra de Ancasti (Catamarca) conforman una importante reserva arqueológica que ha sido estudiada intensamente por los investigadores en los últimos años (Llamazares, 2000; Nazar, 2003; De La Fuente, Nazar y Pelli, 2005; Nazar, De La Fuente y Vera, 2010; Quesada y Gheco, 2011; Nazar, De La Fuente y Gheco, 2014; Nazar y De La Fuente, 2016; Gheco *et al.*, 2019).

Dentro de dicha reserva, el complejo de sitios La Tunita (ubicado en la cuenca media de Ipizca-Icaño, departamento

Ancasti, provincia de Catamarca), conforma una trama simbólica procedente de tiempos de la Cultura Aguada (ca. 600-1100 DC) (Aschero, 2006; Nazar *et al.*, 2014) (Figura 1a y 1b), en la cual las grandes imágenes antropomorfas y felínicas parecen guardar relación con la función de cada uno de los abrigos; tal es el caso de La Sixtina (el alero más destacado de La Tunita) y la Cueva El Hornero (Figura 2a, 2c). El tratamiento de cada una de las imágenes en

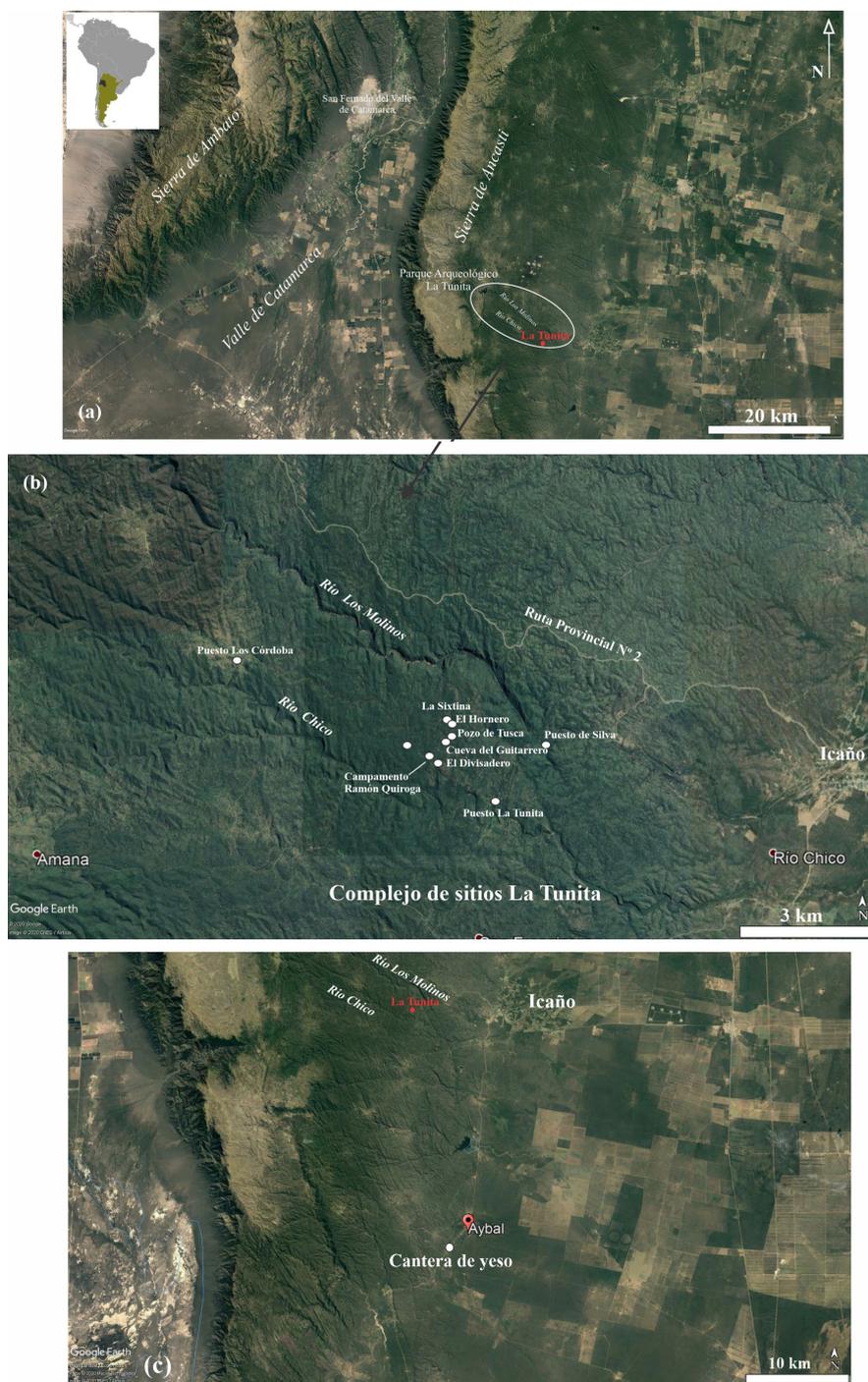


Figura 1. (a) Mapa del Valle de Catamarca y el faldeo oriental de la sierra de Ancasti con el Parque Arqueológico La Tunita; (b) Complejo de sitios La Tunita: Alero La Sixtina, Cueva El Hornero, Pozo de Tusca, Cueva del Guitarrero, El Divisadero y Campamento Ramón Quiroga; (c) Ubicación geográfica de la cantera de yeso en la zona de El Aybal, Dpto. La Paz, Catamarca.

el plano estético y tecnológico nos lleva a pensar que se recurriera a recetas específicas en cuanto a la base material de las pinturas caracterizadas por los colores blancos y rojos (Figuras 2b y 2d) (De La Fuente *et al.*, 2005; Nazar *et al.*, 2014; Nazar y De La Fuente, 2016).

A raíz de los últimos estudios arqueométricos que expusieron una alta presencia de yeso y

calcita en la mayoría de las pictografías, nos propusimos indagar a nivel experimental sobre el uso y comportamiento de estos elementos ante otros agregados en la mezcla pigmentaria y reconstruir el proceso técnico de elaboración de las pictografías rupestres blancas del alero La Sixtina y la Cueva El Hornero (Nazar y De La Fuente 2016; ver Aschero 1988).



Figura 2. (a) alero La Sixtina, La Tunita; (b) Motivos rupestres del alero La Sixtina; (c) Cueva El Hornero, La Tunita, detalle del gran Felino Naranja en la entrada (arriba a la izquierda, detalle del motivo del Sacrificador con la cabeza trofeo; (d) Motivos rupestres del alero La Sixtina, Cueva El Hornero y Campamento Ramón Quiroga; e) Vista de un estrato de material blanco (yeso) con diferentes grados de cohesión y cristalinidad; (f) Rocas calizas presentes en la zona con diferentes grados de cohesión.

EXPERIMENTACIÓN Y ARTE RUPESTRE

Desde sus comienzos, la experimentación ha sido una herramienta utilizada por los arqueólogos, y tuvo un notable desarrollo con la arqueología procesual al ser parte de la vía actualística, empero, ha ocupado un sitio postergado hasta la actualidad (Álvarez y Fiore, 1995, p. 217). Esta situación se acentúa en los estudios del arte rupestre, aunque los trabajos experimentales se han incrementado al advertirse la necesidad de dotar de correlatos empíricos, contrastables y replicables sobre los posibles materiales utilizados, así como también respecto de la ulterior ejecución y acabado (Gárate Maidagán, 2007; Sanchidrián, 2009, p. 17).

El Cono Sur no es ajeno a esta realidad disciplinar. Carlos Aschero (1988) explicitó la relevancia de los aspectos vinculados a la producción del arte rupestre. De esta manera, el encuadre arqueológico que el autor buscó otorgar a las pictografías rupestres representó una de las propuestas metodológicas generales que más hincapié pusieron en las actividades de elaboración, la identificación de estas últimas en el registro arqueológico y la incursión en la experimentación para contrastar las operaciones involucradas en su ejecución (Aschero, 1988, p. 132).

Este auge de propuestas metodológicas generales que emergieron en las dos últimas décadas del siglo pasado colocó a la experimentación como una herramienta metodológica a considerar para generar mejores datos inferenciales y enfatizar *la realidad material en sí* que carga el arte rupestre (Fiore, 1996; Fiore y Hernández Llosas, 2007, p. 222).

En Argentina, los primeros trabajos experimentales vinieron de la mano de Paunero (1992). Este autor se abocó al estudio de las manos pintadas en negativo en la región patagónica; para ello, replicó las tres técnicas tradicionalmente propuestas para crear negativos de manos, y concluyó que la que más se asemeja al registro material es la técnica de pulverizado directo con la boca.

Como se mencionó anteriormente, la experimentación fue una metodología que alcanzó gran desarrollo en otras materialidades arqueológicas como los estudios líticos y, como se verá a continuación, una buena parte de los trabajos experimentales en arte rupestre versaron sobre grabados o petroglifos. Álvarez y Fiore (1995) replicaron grabados rupestres de acuerdo con un diseño experimental y

concluyeron que las herramientas utilizadas para su elaboración no deben restringirse a la búsqueda de útiles específicos; se abrió así la posibilidad de producción mediante artefactos no formatizados (Álvarez y Fiore, 1995, p. 234).

A inicios del año 2000, la vía experimental en grabados prosiguió con Álvarez, Fiore, Favret y Castillo Guerra (2001), quienes se abocaron a la identificación de rastros de uso de artefactos de basalto y obsidiana sobre un soporte tobáceo, mediante microscopio metalográfico y microscopio electrónico de barrido (MEB).

En el norte semiárido de Chile, Méndez Melgar (2008) indagó sobre los contextos de producción de los petroglifos del valle de El Mauro, y realizó trabajos experimentales sobre distintas técnicas de elaboración de grabados sobre soportes rocosos de granito.

Por su parte, Blanco y Lynch (2011) realizaron nuevos trabajos experimentales complementados con un análisis funcional sobre las muestras replicadas. Las conclusiones a las que arribaron fueron similares a las de Álvarez y Fiore (1995); no obstante, difieren en cuanto a las técnicas empleadas, los soportes y materias primas usadas para la elaboración de útiles.

Paradójicamente, la vía experimental que comenzó con las pictografías (Paunero, 1992) tardaría veinticuatro años en producir un nuevo trabajo replicativo. Con Blanco y Barreto (2016), se retomarán las premisas y conclusiones de Paunero en torno a la elaboración de manos en negativo del arte rupestre patagónico.

Estudios tecnológicos de caracterización de mezclas pigmentarias en La Tunita

Los primeros estudios arqueométricos en La Tunita se iniciaron con el Dr. Carlos Gordillo en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba y en el Centro de Investigaciones Materiales Córdoba (INTI) en el año 1984, a solicitud del Prof. Nicolás De La Fuente, quien nos dio la primera caracterización química y mineralógica de varias pictografías de La Tunita (Nazar et al., 2010). En esa oportunidad, se analizaron tres muestras de pigmentos: la primera, de un motivo felínico de la Cueva El Hornero de color blanco; la segunda, de pintura roja (motivo rupestre indeterminado); y la tercera, de pintura blanca

correspondiente a un saurio de la Unidad B (De la Fuente *et al.*, 2005). Las pinturas blancas estuvieron caracterizadas por la presencia de yeso como el principal agente cromóforo, arcillas y, en algunos casos, se determinó mineralógicamente la presencia de calcita en forma de roca pulverizada. El óxido de hierro (presumiblemente hematita) con diferentes grados de potencia colorante fue determinado para las pinturas de color rojo (Nazar *et al.*, 2010).

En el año 2008 se realizaron nuevos estudios composicionales con microscopía electrónica de barrido (MEB-EDS), en el Laboratorio de Microanálisis de la Universidad Nacional de San Luis. Para esa ocasión se analizaron tres pictografías: dos del alero La Sixtina y uno de la Cueva El Hornero. Los resultados dan cuenta de altas concentraciones de calcio (Ca) para los colores blancos y blanquecinos; en menor cantidad, la presencia de hierro (Fe) en colores rojos y rosados, conjuntamente con aluminosilicatos (Si y Al), y en algunos casos se halló azufre (S) (Nazar *et al.*, 2010, pp. 915-916).

En un nuevo estudio de los pigmentos rupestres, Nazar y De La Fuente (2016) aplicaron MEB-EDS, difracción de rayos X (DRX) y espectrometría infrarroja con transformada de Fourier (FT-IR) a diez muestras tomadas de diferentes pictografías de La Tunita (nueve del alero La Sixtina y una muestra procedente de la Cueva El Hornero) (Nazar y De La Fuente, 2016, p. 184, Tabla 1). Los resultados arrojaron que los colores blancos están compuestos principalmente por yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y una alta presencia de calcita (CaCO_3) (Figura 3a, 3b y 3c); adicionalmente, las muestras presentaron concentraciones variables de whewellita ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), un oxalato de calcio de origen orgánico producto de bioalteraciones (Figura 3c) (Nazar y De La Fuente, 2016, p. 188, Tabla 2; ver también Tomasini *et al.*, 2012; Ortega *et al.*, 2014). La presencia de oxalatos de calcio de origen orgánico como la whewellita y weddellita y las acciones del agua en la roca-soposte revelaron las dinámicas internas que permitieron la perdurabilidad de estas grandes pictografías en el tiempo (Nazar y De La Fuente, 2016; ver también Tomasini *et al.*, 2012; Ortega *et al.*, 2014).

DISEÑO EXPERIMENTAL: MATERIALES, MÉTODO Y PROTOCOLO

La metodología empleada en la caracterización de las mezclas pigmentarias tuvo dentro de sus pilares la experimentación (Morgado y Baena Preysler,

2011). Para ello se recolectaron muestras de yeso local y se propusieron distintos materiales pasibles de ser agregados a la mezcla pigmentaria y que podrían haber sido utilizados con diferentes fines.

Tomamos como hipótesis generales lo planteado en las investigaciones previas (Nazar y De La Fuente, 2016) respecto de la composición de las mezclas pigmentarias blancas de La Tunita:

a) Hipótesis 1: Los pintores antiguos de La Tunita utilizaron el yeso natural (sin proceso pirotécnológico) como material cromóforo y aglutinante para elaborar las mezclas pigmentarias blancas, y posiblemente la cal para favorecer la trabajabilidad y perdurabilidad de las pictografías rupestres. Y utilizaron esta última para la preparación del soporte rocoso en forma previa a la aplicación de la mezcla pigmentaria blanca.

Como expectativa principal de esta hipótesis se espera encontrar buenos niveles de trabajabilidad, adherencia y cohesión de las mezclas pigmentarias realizadas con yeso natural; como expectativa secundaria se espera encontrar un mejor grado de *performance* en las mezclas pigmentarias realizadas con soportes previamente preparados con cal.

b) Hipótesis 2: En relación con las cargas –o aditivos–, la incorporación de sustancias orgánicas otorga características impermeabilizantes a las mezclas pigmentarias; mientras que el agregado de arcilla fue realizado a los efectos de lograr ciertas tonalidades rosadas en dichas mezclas.

Como expectativa primaria de esta hipótesis se espera encontrar un mejor grado de impermeabilidad en las muestras de mezclas pigmentarias adicionadas con sustancias orgánicas *versus* aquellas sin aditivos; asimismo, y como expectativa secundaria, se espera lograr diferentes efectos cromáticos mediante el agregado de arcillas.

Conscientes de lo antes mencionado, elaboramos un diseño de experimentación que permitiera realizar correlatos empíricos y observar las distintas reacciones de una mezcla pigmentaria que se encuentra compuesta principalmente de yeso ante el agregado de otros elementos.

Unidades de análisis

Las unidades de análisis corresponden a dos niveles: el de los soportes y el de la pintura. Por un lado, a escala del soporte, la unidad remite a fragmentos de roca granítica recolectados de los abrigos de La Tunita donde se aplicó una mezcla

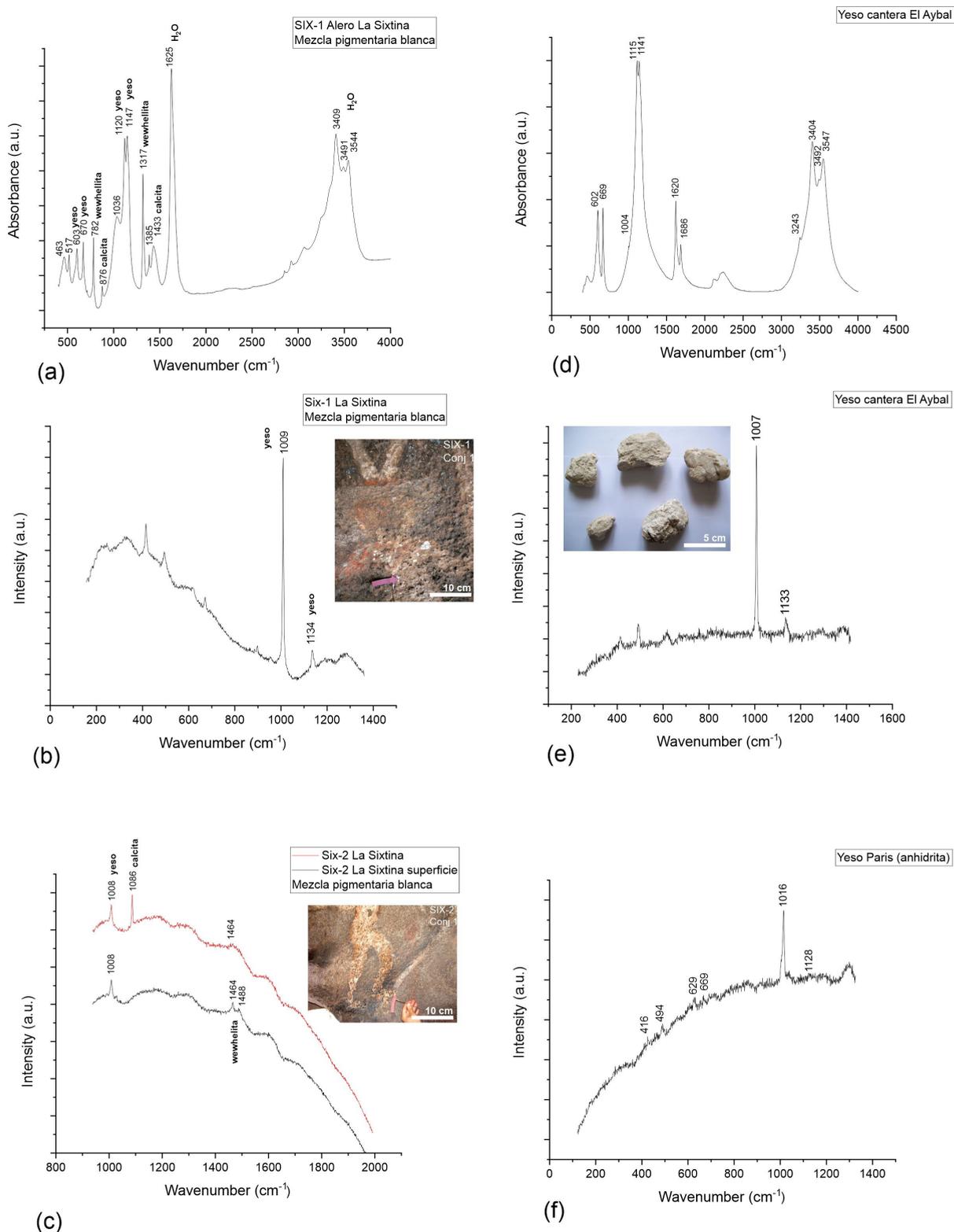


Figura 3. (a) Espectro FT-IR de la mezcla pigmentaria blanca Six-1, alero La Sixtina (La Tunita); (b) Espectro Raman de la mezcla pigmentaria blanca Six-1, alero La Sixtina (La Tunita); (c) Espectro Raman de la mezcla pigmentaria Six-2, alero La Sixtina (La Tunita); (d) Espectro FT-IR de muestra de yeso natural procedentes de la cantera El Aybal; (e) Espectro Raman de la muestra de yeso de El Aybal; (f) Espectro Raman del yeso París (anhidrita) utilizado en la experimentación.

pigmentaria experimental. De acuerdo con Nazar (2003), esta roca posee una composición granítica y características bien definidas por la composición

microscópica, como minerales esenciales de cuarzo (35%), feldespato potásico –microclino– (20%), plagioclasa –Ab₈₅– (19%), accesorios de biotita

desferrizada (10%) y moscovita (7%). Por otro lado, los minerales secundarios presentes son sericita-caolinita (5%) y minerales opacos (4%).

Las rocas soporte (o R) fueron identificadas con un número y un campo fotográfico. A su vez, cada R se dividió en dos secciones. En la sección A se utilizó yeso París, mientras que la sección B registra el uso del yeso natural. Asimismo, las R se encuentran divididas en dos conjuntos, A y B. El conjunto A corresponde a rocas soporte a las que les fue aplicada una capa de cal como tratamiento previo, mientras que el conjunto B corresponde a rocas soporte sin tratamiento. Esta división tuvo por objetivo evaluar la potencial incidencia del tratamiento del soporte y de diversos tipos de yeso en relación con múltiples variables.

Por su parte, a escala de la pintura, la unidad de análisis es una mezcla pigmentaria en la que intervienen el yeso, la cal y la arcilla en distintas proporciones medidas en gramos. Por mezcla pigmentaria entendemos al:

componente cromático con el que se trazan las grafías. Se compone de pigmento, al que se añade el aglutinante, sustancia líquida en la que se disuelve para dar cohesión a la mezcla. En ocasiones se añade un tercer elemento, la carga, que facilita una mayor adhesión de la materia colorante al soporte. (Gárate Maigadan, 2007, p. 158)¹

En La Tunita, las mezclas pigmentarias de colores blancos no son pinturas *strictu sensu*, sino más bien pastas adicionadas o pinturas en estado pastoso adicionadas secuencialmente (ver Aschero, 1979 y 1988, p. 125, para ejemplos de Patagonia y Puna).

Con el fin de obtener una idea de cómo se comportaban los yesos locales en comparación con los de origen comercial, utilizamos muestras caracterizadas por trabajos analíticos previos como yeso natural ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) —o *aljez*— de la zona. Las muestras de yeso natural (sin tratamiento pirotécnico) fueron obtenidas de la zona de El Aybal (departamento La Paz, Catamarca) (Figuras 1c, 2e, 2f, 3d y 3e) (Nazar y De La Fuente, 2016, p. 189). El yeso de la fuente El Aybal está formado por bancos yesíferos de rumbo N-S, subhorizontales y con una ligera inclinación hacia el E. Por debajo de una fina cubierta de material moderno se hallan las bochas esféricas de alabastro, que llegan a tener 50 cm de diámetro. Están englobadas en una matriz limo-arcillosa de color rojo pardo, lo que les da una tonalidad muy llamativa (Miró, Gaido y Candiani,

2004). El yeso de origen comercial —o yeso París (Tipo II)— fue obtenido de tiendas artísticas especializadas (Kolormax®, 2020) (Figura 3f).

La arcilla utilizada procede del río de la Costa (Tinogasta, Catamarca) y fue analizada por FT-IR y DRX, lo que permitió caracterizarla como del tipo illita-montmorillonita con presencia de inclusiones de cuarzo, anortita, zeolitas y hematita. Por último, la cal (CaO) empleada es de tipo industrial: se trabajó con cal hidratada de origen comercial —Ca (OH).

Se eligió trabajar con el yeso natural, sin tratamiento térmico, dado que posee un fraguado a temperatura ambiente mucho más lento que el del yeso industrial, lo que habría permitido a los artesanos elaborar las grandes pictografías en el alero La Sixtina. En contrapartida, se utilizó el yeso precocido tipo París, que posee un tiempo de trabajo de aproximadamente unos cuatro minutos y un fraguado inicial de cinco minutos, luego de los cuales la pasta de yeso pierde trabajabilidad; el fraguado final se produce a los 20 minutos. Este yeso no presenta ningún tipo de impureza en su elaboración.

Estos elementos inorgánicos poseen propiedades pigmentarias y aglutinantes. La falta de consenso en torno al término aglutinante o propiedades aglutinantes lleva a que adoptemos la siguiente definición: “Aglutinante, sustancias que mantienen las partículas tanto de los pigmentos como de las cargas inertes, unidas entre sí, cohesionadas, con el soporte y la carga anterior” (Álvarez Romero, 2012, p. 29).

Asimismo, los aglutinantes y aditivos de origen orgánico han sido objeto de variadas especulaciones (desde moluscos, sangre, hueso, etc.), lo que representa un dilema harto complicado para su identificación analítica (Álvarez Romero, 2012, p. 28). Sin embargo, se ha postulado —tanto por la disponibilidad como también por la significación ritual— el uso posible de baba de cactus (*Cereus forbesii*) como un aditivo que otorga ciertas características de plasticidad, brillo e impermeabilidad (Nazar y De La Fuente, 2016).

Variables de análisis

A los fines del trabajo, definimos variables independientes y dependientes. Las primeras se refieren a aquellos elementos constantes anteriores a la experimentación. Ellas son:

1. Tiempo de fraguado: definimos el tiempo de fraguado como la diferencia entre la hora de aplicación y la pérdida de plasticidad y humedad de los materiales cuando se produce el secado total (Gómez, 2000, pp. 135-136). Esta variable se mide en minutos. Para controlar el secado total del yeso tradicional, nos basamos en las observaciones de las características físicas y texturales de las superficies de las mezclas pigmentarias del yeso tipo París (para el cual se conoce el tiempo de fraguado inicial y final). Si bien reconocemos que es una observación subjetiva, los cambios en las características físicas y texturales de las mezclas pigmentarias permitieron registrar aproximadamente el tiempo de fraguado para cada una de ellas.

2. Grietas: relacionadas con el fraguado y el secado, la presencia de grietas es una variable relevante, ya que nos da indicios de la porosidad y de los aspectos químicos del secado, como también de la durabilidad del material en relación con el soporte. Esta variable se registra cuando se produce el secado total de la mezcla, que se reconoce por la gradual pérdida de humedad y el cambio de coloración a valores cromáticos más tenues o suaves.

3. Adherencia: para esta variable tenemos en cuenta la fijación de la mezcla pigmentaria con respecto al soporte, y si dicha mezcla con el proceso del fraguado, se mantiene unida a aquel (Gómez, 2000, pp. 129-130). En este sentido, hablamos de adherencia:

- a) Baja, si la mezcla pigmentaria no logra mantenerse unida al soporte rocoso y presenta porosidad, producto de un fraguado rápido que genera grumos y dificultades en su aplicación.
- b) Media, si la mezcla pigmentaria posee un gran agrietamiento y si al pasar los dedos fácilmente los pinta; también pueden presentarse situaciones en las que el secado no es uniforme, lo cual genera que ciertas partes tengan más material que otras. No obstante, el material sigue unido al soporte y no puede ser fácilmente removido.
- c) Alta, si la mezcla pigmentaria posee poco agrietamiento, apenas pinta y su secado es uniforme y genera, en consecuencia, un material compacto y uniforme.

4. Trabajabilidad: en la literatura de la tecnología de los materiales, la trabajabilidad es un concepto difuso. Se la ha definido de acuerdo con propiedades como consistencia, cohesión y plasticidad; en todas ellas entendemos que subyace la idea de homogeneidad del material elaborado y su aplicación práctica (García, Ibarra Jaime y López

Durán, 2013). Esta variable se mide en minutos. En este sentido, caracterizamos la trabajabilidad como:

- a) Baja, si los materiales que componen la mezcla pigmentaria no guardan homogeneidad.
- b) Media, si hay homogeneidad pero la mezcla lograda posee una pérdida de plasticidad muy rápida, que impide su aplicación de forma pareja sobre el soporte.
- c) Alta, si hay homogeneidad y la aplicación del material brinda un tiempo prudencial de trabajo que permita ejecutar un motivo; esto es, alrededor de cinco minutos.

5. Color: para definir el color utilizamos la tabla de Munsell (2000).

Las variables dependientes se evalúan a partir de la ejecución de la labor experimental, y son las siguientes:

1. Temperatura: para medir esta variable hemos utilizado muestras de mineral molido sin cocción alguna y muestras industriales de yeso y cal que fueron sometidas a tratamiento térmico. El primero posee una cocción habitual desde los 170 °C a 250 °C, y la segunda se obtiene a los 900 °C.

2. Aglutinantes: se refiere a las propiedades aglutinantes del yeso y la cal que permiten la cohesión de la mezcla pigmentaria (Nazar y De La Fuente, 2016).

3. Proporciones: mantuvimos la proporción del yeso aproximadamente al 50%, ya que todas las determinaciones analíticas indican al yeso como principal componente de la mezcla pigmentaria (Nazar y De La Fuente, 2016).

RESULTADOS

La experimentación con distintas mezclas pigmentarias tenía como fin observar las reacciones que posee una base de yeso sobre el soporte ante el agregado de otros materiales tales como cal, arcilla y baba de cactus. Para ello, realizamos un total de 28 combinaciones, que fueron agrupadas en dos conjuntos: uno que agrupa a las experimentaciones aplicadas sobre soportes tratados previamente con cal (Conjunto A) (Figura 4a), y otro que remite a soportes sin ningún tipo de tratamiento (Conjunto B) (Tabla 1).

Tiempo de fraguado

La Tabla 1 evidencia variaciones en el tiempo de fraguado en relación con las diferentes mezclas. La

comparación entre los resultados de los conjuntos A y B nos permite descartar que el acondicionamiento previo incidiera significativamente en los tiempos de fraguado. Observamos que los tiempos de fraguado mayores son fruto del agregado de baba de cactus.

Las últimas unidades de ambos conjuntos (R 7-A y R 7-B), que son la confluencia de todos los elementos propuestos y añadidos a la base de yeso, exponen tiempos óptimos para la ejecución de las pictografías en los soportes, lo que resulta un indicio válido tratándose de pictografías de gran

tamaño, y que por su disposición espacial se vuelven de difícil ejecución (Tabla 1, Figuras 2a y 2c).

Siguiendo con el estudio del tiempo fraguado, en la Figura 4c se observa que las mezclas con baba de cactus de ambos conjuntos (A y B) no presentan diferencias significativas. Las unidades R 2-A y R 2-B de ambos conjuntos presentan mezclas de 50% de yeso y 50% de baba de cactus y presentan un poderoso efecto retardante del fraguado y el secado (Tabla 1).

Trabajabilidad y adherencia

La trabajabilidad entre ambos conjuntos no se vio significativamente afectada por la presencia de la capa de cal, tanto en las unidades con yeso París como en aquellas con yeso natural (Figura 4d). Aunque una mejora en el endurecimiento y texturas de las mezclas pigmentarias fue observada para las muestras RB (yeso natural) del conjunto A, que presentaba un acondicionamiento previo. En general, pudo observarse que, para los dos conjuntos, A y B, todas las mezclas con yeso París (RA) poseen una trabajabilidad alta. Su aplicación fue una de las menos problemáticas, ya que se adquirió uniformidad con gran facilidad y fue posible extender en el soporte con soltura.

Es llamativo cómo las R 4-B

Unidades de análisis	Materiales (gramos)				Proporciones				Tiempo de Fraguado (en minutos)
	Yeso	Cal	Arcilla	Baba de Cactus	Yeso	Cal	Arcilla	Baba de Cactus	
CA. R 1-A	7,83	4,06	---	---	50%	50%	---	---	22
CA. R 1-B	4,96	4,13	---	---	50%	50%	---	---	38
CA. R 2-A	6,35	---	---	5,18	50%	---	---	50%	47
CA. R 2-B	4,92	---	---	5,33	50%	---	---	50%	90
CA. R 3-A	5,27	---	7,9	---	50%	---	50%	---	40
CA. R 3-B	4,59	---	6	---	50%	---	50%	---	40
CA. R 4-A	12,82	4	---	6,5	50%	25%	---	25%	84
CA. R 4-B	10,46	6,12	---	6,5	50%	25%	---	25%	170
CA. R 5-A	11,85	6,43	5,8	---	50%	25%	25%	---	21
CA. R 5-B	12,39	6,66	4,58	---	50%	25%	25%	---	49
CA. R 6-A	13,07	4,16	---	6,1	50%	25%	---	25%	160
CA. R 6-B	10,4	3,85	---	6,6	50%	25%	---	25%	51
CA. R 7-A	13,3	2,28	1,15	2	50%	16%	16%	16%	80
CA. R 7-B	8,71	1,93	1,13	2,52	50%	16%	16%	16%	105
CB. R 1-A	10	8,36	---	---	50%	50%	---	---	42
CB. R 1-B	9,24	7,3	---	---	50%	50%	---	---	37
CB. R 2-A	10,46	---	---	11	50%	---	50%	---	107
CB. R 2-B	8,42	---	---	13,67	50%	---	50%	---	38
CB. R 3-A	7	---	7	---	50%	---	50%	---	22
CB. R 3-B	10,14	---	7,34	---	50%	---	50%	---	30
CB. R 4-A	10,05	4	---	7	50%	25%	---	25%	40
CB. R 4-B	9,16	4,16	---	4,62	50%	25%	---	25%	91
CB. R 5-A	8,08	3,76	3,35	---	50%	25%	25%	---	16
CB. R 5-B	9,76	3,13	3,46	---	50%	25%	25%	---	20
CB. R 6-A	12,09	4,07	---	7,63	50%	25%	---	25%	45
CB. R 6-B	8,06	---	3,64	4,12	50%	---	25%	25%	45
CB. R 7-A	8,79	1,93	1,78	2,75	50%	16%	16%	16%	52
CB. R 7-B	10	1,95	1,39	2,8	50%	16%	16%	16%	47

Tabla 1. Composición de las distintas mezclas pigmentarias experimentales y tiempo de fraguado. Referencias: CA: Conjunto A (soporte con tratamiento); CB: Conjunto B (soportes con tratamiento); R: Roca soporte; A: sección de R donde se aplicó yeso París; B: sección de R donde se aplicó yeso natural.

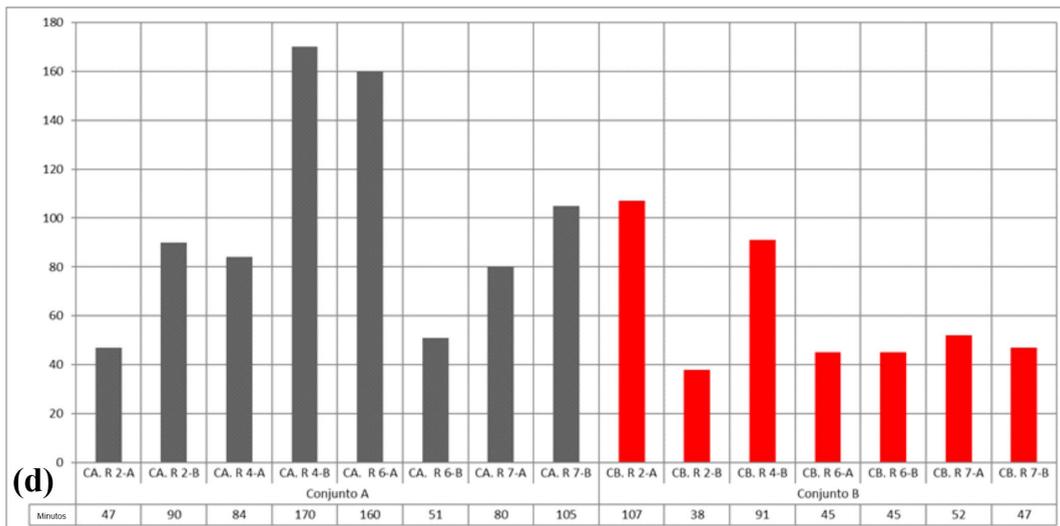
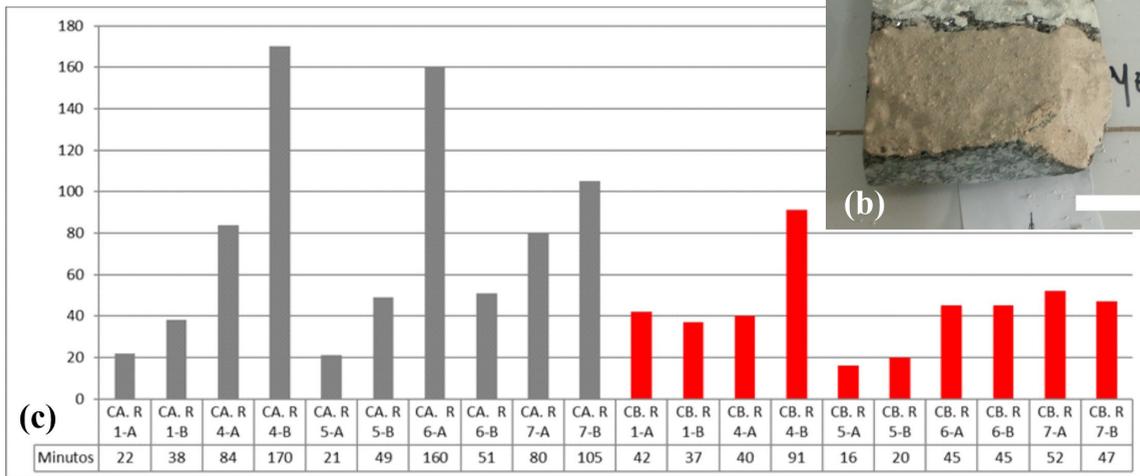


Figura 4. (a) Conjunto A, que muestra las diferentes combinaciones realizadas, según lo especificado en la Tabla 1; (b) Detalle de las unidades CB R1A (yeso París) y CBR1B (yeso local); (c) Relación entre el tiempo de fraguado y unidades de mezclas pigmentarias con cal de los conjuntos A y B; (d) Comparación de unidades de mezclas pigmentarias con baba de cactus y su relación con el tiempo de fraguado del Conjunto A y Conjunto B.

(compuestas de yeso local y baba de cactus) de ambos conjuntos presentan los mayores tiempos de retraso en el fraguado; sin embargo, su trabajabilidad varió de media, para el Conjunto A, a alta para el Conjunto B (Figura 4c, Tabla 1). La mala trabajabilidad que presentan las R 2-B de ambos conjuntos y la R 2-A del Conjunto B cierra la puerta a este material orgánico como posible aglutinante, ya que no logra mantener las cargas inertes unidas entre sí (Tabla 1). De acuerdo con las observaciones realizadas, la baba de cactus otorga aptitudes impermeabilizantes, pero no aglutinantes, ya que su mayor presencia genera falta de homogeneidad en la mezcla pigmentaria.

En relación con la adherencia, la comparación de ambos conjuntos nos permitió observar que es mejor en las unidades con mezclas yeso París en relación con el yeso natural (Tabla 2). En el Conjunto A observamos que todas las unidades con yeso París (RA) presentaron una mejor adherencia que las unidades de yeso natural (RB) (Tabla 2). En las observaciones realizadas, la unidad CA R1-B presenta texturas muy parecidas a las encontradas en La Tunita (Figura 4b). En las particularidades del Conjunto B no muestra grandes variaciones; las RA exhiben la misma adherencia que las RA en el Conjunto A (Tabla 2). Las unidades con yeso natural (RB) presentan variaciones en su adherencia, sin embargo, no parecen significativas, ya que se trata de las unidades con 50% de yeso y 50% de baba de cactus (Tabla 2).

Grietas

Del análisis de la observación y registro de las grietas se desprende que en el Conjunto A, el 57% de las unidades con yeso París (RA) presentan grietas, mientras que las muestras con yesos locales (RB) del mismo conjunto presentan grietas en un 85%. El 64,2% del total de unidades del Conjunto A poseen grietas (Tabla 2). Pensamos que la mayor presencia de grietas en las

RB pudo haberse producido por un pequeño efecto de cuarteamiento producto del endurecimiento de forma rápida del acondicionamiento de cal y un endurecimiento más lento de las mezclas pigmentarias.

El Conjunto B exhibe los mismos porcentajes que el Conjunto A, lo que nos da indicio de que las grietas aparecen de forma indistinta, haya o no un acondicionamiento del soporte (Tabla 2). Hay una mayor presencia de grietas en las unidades de yeso París (RA) en el Conjunto B. Esta consecuencia se explica por la rugosidad de la roca desnuda, que la convierte en un gran absorbente de agua, lo que pudo generar un secado rápido de algunos materiales de la mezcla pigmentaria respecto de otros,

Mezcla pigmentaria									
Unidades de análisis	Adherencia			Trabajabilidad			Grietas		Color
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Sí	No	
CA. R 1-A	x	----	----	x	----	----	----	x	2.5YR9/2
CA. R 1-B	x	----	----	x	----	----	----	x	10YR9/2
CA. R 2-A	x	----	----	x	----	----	x	----	2.5Y9/2
CA. R 2-B	----	x	----	----	----	x	x	----	7.5Y9/2
CA. R 3-A	x	----	----	x	----	----	----	x	2.5YR6/8
CA. R 3-B		x	----	----	----	x	x	----	2.5YR6/8
CA. R 4-A	x	----	----	x	----	----	----	x	7.5R9/2
CA. R 4-B	x	----	----	----	x	----	x	----	7.5Y9/2
CA. R 5-A	x	----	----	x	----	----	----	x	5YR7/6
CA. R 5-B	x	----	----	----	x	----	x	----	5YR7/4
CA. R 6-A	x	----	----	x	----	----	----	x	5YR7/6
CA. R 6-B	----	x	----	----	x	----	x	----	5YR6/6
CA. R 7-A	x	----	----	x	----	----	x	----	10YR8/4
CA. R 7-B	x	----	----	x	----	----	x	----	2.5Y8/4
CB. R 1-A	x	----	----	x	----	----	x	----	2.5R9/2
CB. R 1-B	x	----	----	x	----	----	x	----	7.5Y49/2
CB. R 2-A	x	----	----	----	----	x	----	x	7.5Y8/4
CB. R 2-B	----	----	x	----	----	x	----	x	2.5YR6/8
CB. R 3-A	x	----	----	x	----	----	----	x	7.5YR7/6
CB. R 3-B	x	----	----	x	----	----	x	----	7.5YR7/6
CB. R 4-A	x	----	----	x	----	----	x	----	2.5YR9/2
CB. R 4-B	x	----	----	x	----	----	----	x	7.5Y8/4
CB. R 5-A	x	----	----	x	----	----	----	x	7.5YR8/6
CB. R 5-B	x	----	----	x	----	----	x	----	7.5YR8/4
CB. R 6-A	x	----	----	x	----	----	x	----	7.5YR7/6
CB. R 6-B	----	x	----	x	----	----	----	x	7.5YR8/4
CB. R 7-A	x	----	----	x	----	----	----	x	7.5YR8/4
CB. R 7-B	x	----	----	x	----	----	x	----	7.5YR8/4

Tabla 2. Comportamiento experimental de las mezclas pigmentarias en relación con las variables adherencia, trabajabilidad, grietas y color para los conjuntos A y B.

sobre todo en aquellas mezclas donde se encuentra presente la baba de cactus (Tabla 2).

En general, la presencia de grietas en las RB de ambos conjuntos se explica por ser un yeso natural con impurezas que, al secarse, producen grietas de forma dispar. A pesar de lo advertido anteriormente, las grietas presentan pequeños tamaños, lo cual no revela una patología de las mezclas pigmentarias, sobre todo en las R-7, que son la conjunción de todos los elementos propuestos.

Color

Las muestras R1-A y R1-B de ambos conjuntos hallan un gran parecido con los blancos presentes en La Tunita (Figura 4b). Las R-B (yeso natural local, 10YR9/2 y 7.5YR9/2), que se corresponden con las tonalidades observadas en el sitio, son ligeramente más oscuras que las R-A (yeso París industrial, 2.5YR9/2 y 2.5R9/2) (Figura 4b, Tabla 2). Hay que destacar que el yeso natural procedente de la fuente El Aybal está formado por bancos yesíferos encapsulados en sedimentos limo-arcillosos de color rojo pardo, lo que les da esa tonalidad característica (Miró *et al.*, 2004).

Por otra parte, la arcilla y su alto potencial pigmentario revelan un posible uso de este material para lograr las tonalidades rosadas presentes en las pictografías antropomorfas grandes del Conjunto 1 (Nazar *et al.*, 2014), algo ya observado por Solá *et al.* (2013) para los sitios con arte rupestre en la puna jujeña.

DISCUSIÓN

La presencia de yeso en las mezclas pigmentarias de arte rupestre ha sido determinada tanto en la región patagónica como en el noroeste argentino (Iñiguez y Gradin, 1977; Aschero, 1988; ver Frank *et al.*, 2020, p. 60 para un resumen).

Es interesante observar que, según los autores, se le han atribuido diferentes tipos de funciones al yeso en tanto constituyente de las mezclas pigmentarias:

1- Yeso como carga o aditivo: las cargas son materiales incoloros o de color indefinido que se agregan a los pigmentos con el fin de adulterarlos, incapaces de formar capas de pintura cuando son suspendidas en aglutinante; sin embargo, pueden actuar como base o soporte de la preparación (Iñiguez y Gradin, 1977, p. 126; Rial y Barbosa,

1983-1985a, 1983-1985b; Barbosa y Gradin, 1986-1987; Aschero, 1988, p. 125; Gómez, 2000, p. 52; Yacobaccio *et al.*, 2008; Frank *et al.*, 2020).

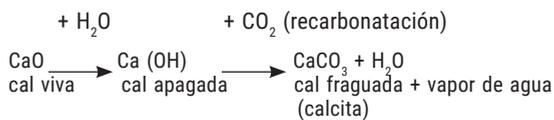
2- Yeso como acondicionamiento del soporte: el acondicionamiento de los soportes implica una modificación antrópica de las superficies rocosas sobre las que se ejecutan las representaciones; para ello, el agregado de yeso, cal u otro material implicó conformar una base cobertura que tiene como fin facilitar las características de absorción, textura y contraste a semejanza de los estucos de la pintura mural tradicional (Aschero, 1988, p. 130; Yacobaccio *et al.*, 2008, p. 15).

En el caso de las mezclas pigmentarias analizadas para el alero La Sixtina y la Cueva El Hornero de La Tunita, el yeso posee un doble rol: es considerado como pigmento (cromóforo) y al mismo tiempo como aglutinante conjuntamente con la calcita (Figura 3a, 3b y 3c) (Nazar *et al.*, 2016).

El yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) es un mineral con muy pocas variaciones en su composición química; los productos de su deshidratación son de fundamental interés. Las fases principales que ocurren en el sistema $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ son: (a) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (yeso) (Figura 3d y 3e); (b) $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ (basanita); y (c) CaSO_4 (anhidrita) (Figura 3f). Otra forma ($\gamma\text{-CaSO}_4$) podría ser considerada como basanita deshidratada. El yeso se convierte lentamente en basanita a una temperatura del aire de 70 °C o menos, y se convierte rápidamente a 90 °C y más. Si se calienta yeso a más de 200 °C se produce anhidrita y su cambio es monotrópico.

De las cuatro fases principales en el sistema $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, la basanita y $\gamma\text{-CaSO}_4$ existen solo en condiciones metaestables, por lo que en la naturaleza el sistema tiende a la forma de yeso o anhidrita. La transformación del yeso a anhidrita, como mencionamos anteriormente, se produce (1) por calentamiento a una temperatura de 190 °C-200 °C, lo que genera la escayola, yeso París, yeso anhidro o yeso muerto. Este yeso calcinado, al mezclarse con agua, la absorbe lentamente y cristaliza, endureciendo o fraguando; y (2) bajo condiciones de equilibrio, la reacción: yeso = anhidrita + agua se puede producir naturalmente sin la formación de compuestos intermedios. La temperatura de transición del yeso a anhidrita en agua pura es 44 °C, aunque el yeso puede persistir en forma metaestable por encima de esa temperatura. La temperatura de transición desciende considerablemente ante la presencia de sales (NaCl), sulfatos de sodio, magnesio y potasio.

Mediante la experimentación, hemos constatado que el agregado de cal pirotecnológica es un elemento óptimo para la mejora de la trabajabilidad y ha generado materiales parecidos a los observados en La Tunita. Es interesante observar que, a partir de la presencia de cal pirotecnológica, el verdadero aglutinante (la calcita) se forma *in situ* en la mezcla pigmentaria a partir de un proceso de fraguado que homologa lo que ocurre en las llamadas "pinturas murales al fresco" (Doerner, 1988; Gómez, 2000), proceso químico que puede expresarse de la siguiente forma:



De esta forma, la cal fraguada o calcita (CaCO_3), uno de los carbonatos más estables en la naturaleza, habría contribuido a otorgar una mejor *performance* en términos de durabilidad a las mezclas pigmentarias de La Tunita.

COMENTARIOS FINALES

Las conclusiones preliminares alcanzadas en este trabajo a partir de la experimentación permiten establecer la utilización del yeso natural (sin pretratamiento térmico), disponible en la zona, en la elaboración de las mezclas pigmentarias blancas de La Tunita. Los resultados experimentales también indican que es altamente probable que los artesanos hayan realizado una preparación o acondicionamiento previo del soporte (roca) con una fina capa de cal a los efectos de lograr una mejor ejecución

de las pictografías. Esto conferiría una mejor trabajabilidad y adherencia de la mezcla pigmentaria sobre dicho soporte y facilitaría la generación de calcita a través del proceso de recarbonatación del CO_2 (dióxido de carbono), lo que le otorgaría mayor firmeza y durabilidad a lo largo del tiempo.

La experimentación permitió también observar que el agregado de arcilla no trae consigo mejoras en la trabajabilidad ni otras cualidades técnicas, lo cual indica un posible uso para lograr variaciones cromáticas. Por otro lado, en relación con el uso de sustancias orgánicas, se observó que la baba de cactus es un poderoso retardante del fraguado y el secado, por lo que permite una mejor ejecución de las pictografías. La realización de un muestreo dirigido y el análisis orgánico de las muestras pigmentarias arqueológicas en el futuro permitirá dilucidar esta cuestión.

El uso de yeso cocido es una alternativa posible, aunque los datos surgidos de la experimentación indican que presenta un fraguado más rápido, lo cual dificultaría su trabajabilidad en la ejecución de las pictografías de gran tamaño, algo ya observado por Aschero (1988). No obstante, tenemos previsto realizar experimentaciones con yesos y cales locales sometidas a calcinación por métodos tradicionales.

Finalmente, en base a lo expuesto anteriormente, pensamos que la producción de estas grandes pictografías debió requerir de un grado de entrenamiento y experiencia, que permiten pensar cierta especialización artesanal en los pintores Aguada. La Figura 5 presenta las diferentes etapas que conforman la cadena operativa tendencial que involucra

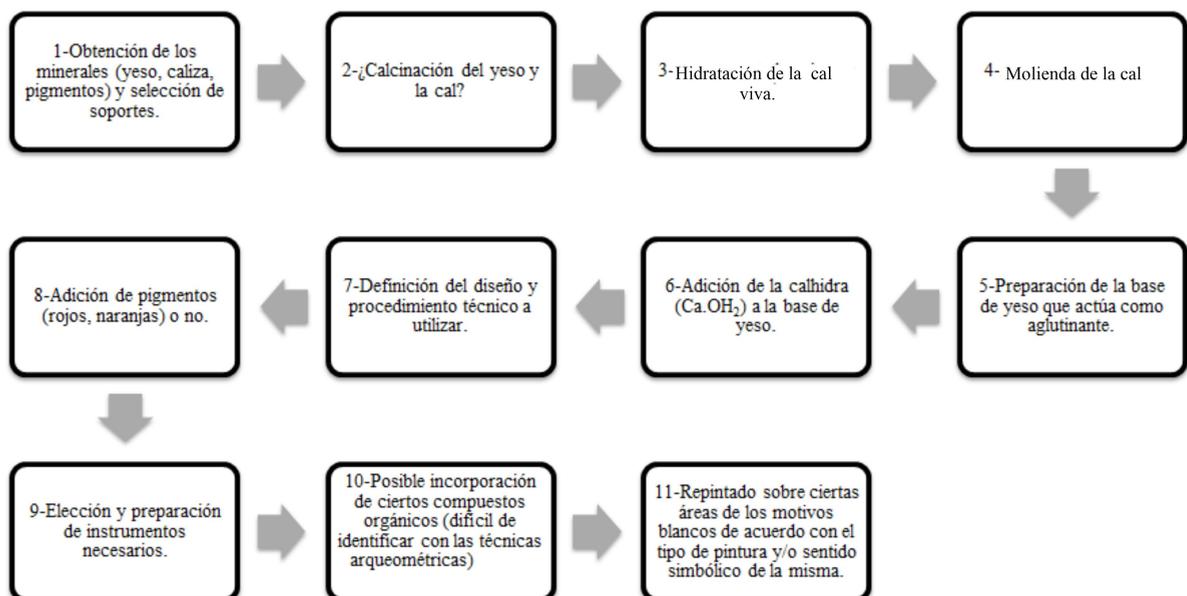


Figura 5. Cadena operativa propuesta para la elaboración de las mezclas pigmentarias blancas en La Tunita.

el proceso de elaboración de la mezcla pigmentaria blanca. De ella se desprende que hay, por lo menos, tres momentos críticos en la elaboración de las pictografías: (1) la obtención de los minerales (*aljez*, caliza y pigmentos), (2) el pretratamiento de los minerales (molienda, calcinación y selección granulométrica) y (3) la preparación de la mezcla pigmentaria final a ser aplicada.

Agradecimientos

A la Escuela de Arqueología (UNCa) y al CITCa (CONICET). Agradecemos también los invaluable comentarios realizados por los tres revisores anónimos, quienes ayudaron a mejorar sustancialmente el manuscrito.

REFERENCIAS CITADAS

- Aceñolaza, F. y Toselli, J. (1977). Esquema geológico de la sierra de Ancasti, provincia de Catamarca. *Acta Geológica Lilloana*, 14, 233-256.
- Álvarez Romero, C. (2012). Los pigmentos en la Prehistoria. *Boletín de Arqueología Experimental*, 9, 25-42.
- Álvarez, M. y Fiore, D. (1995). Recreando imágenes: diseño de experimentación acerca de las técnicas y los artefactos para realizar grabados de arte rupestre. *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano*, 16, 215-239.
- Álvarez, M., Fiore, D., Favret, E. y Castillo Guerra, R. (2001). The use of lithic artefacts for making rock art engravings: observation and analysis of usewear traces in experimental tools through optical microscopy and SEM. *Journal of Archaeological Science*, 28, 457-464.
- Aschero, C. (1979). Aportes al estudio del arte rupestre de Inca Cueva-1 (Departamento Humahuaca, Jujuy). *Actas 1^{as} Jornadas de Arqueología del NOA*, 419-459.
- Aschero, C. (1988). Pinturas rupestres, actividades y recursos naturales; un encuadre arqueológico. En *Arqueología Contemporánea Argentina. Actualidad y Perspectivas* (pp. 109-145). Búsqueda.
- Aschero, C. (2006). De cazadores y pastores. El arte rupestre de la modalidad Río Punilla en Antofagasta de la Sierra y la cuestión de la complejidad en la Puna meridional argentina. En D. Fiore y M. Podestá (Eds.), *Tramas en la Piedra. Producción y usos del arte rupestre* (pp. 103-140). World Archaeological Congress, Sociedad Argentina de Antropología, Asociación de Amigos del Instituto Nacional de Antropología.
- Barbosa, C. y Gradin, C. (1986-1987). Estudio composicional por difracción de rayos X de los pigmentos provenientes de la excavación del Alero Cárdenas (provincia de Santa Cruz). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, XVII(1), 143-171.
- Blanco, R. y Barreto N. (2016). Experimental Rock Art Studies. Replication of Pictographs from La Primavera Locality (Santa Cruz, Argentina). En R. Bednarik, D. Fiore, M. Basile, G. Kumar y T. Huisheng (Eds.), *Paleoart and materiality The scientific study of rock art* (pp. 113-127). Archaeopress Archaeology.
- Blanco, R. y Lynch, V. (2011). Experimentos replicativos de grabados en piedra. Implicancias en el arte rupestre de la localidad arqueológica de Piedra Museo (Santa Cruz, Argentina). *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino*, 16(1), 9-21.
- De La Fuente, N., Nazar, D. C., y Pelli, E. (2005). Documentación y diagnóstico del arte rupestre de La Tunita. En S. Martín y M. Gonaldi, *La Cultura de La Aguada y sus expresiones regionales* (pp. 227-244). EUDELAR, Secretaría de Ciencia y Técnica Universidad Nacional de La Rioja.
- Doerner, M. (1988). *Los materiales de la pintura y su empleo en el arte*. Reverté.
- Fiore, D. (1996). El arte rupestre como producto complejo de procesos económicos e ideológicos: una propuesta de análisis. *Espacio, tiempo y forma [Serie Prehistoria y Arqueología]*, 9, 239-259.
- Fiore, D. y Hernández Llosas, M. I. (2007). Miradas rupestres. Tendencias en la investigación del arte parietal en Argentina. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, XXXII, 217-242.
- Frank, A., Gheco, L., Halac, E., Mastrangelo, N., Landino, M., Paunero, R. y Marte, F. (2020). Variaciones del color. Primeros estudios físico-químicos de las pinturas rupestres de La María, provincia de Santa Cruz. *Intersecciones en Antropología*, 21(1), 57-69.
- Gárate Maidagán, D. (2007). El proceso gráfico de la pintura punteada cantábrica: hacia la identificación de una cadena operativa artística. *Munibe (Arqueología-Antropología)*, 58, 156-176.
- García, N. A., Ibarra Jaime, A. C. y López Durán, C. A. (2013). Caracterización de arcillas empleadas en pasta cerámica para la elaboración de ladrillos en la zona de Ocaña, Norte de Santander. *Epsilón*, 20, 101-119.
- Gheco, L., Gastaldi M., Mastrangelo, N., Quesada, M., Marte, F. y Tascon, M. (2019). Entre humo, fuegos y pinturas: una metodología para conectar historias en el arte rupestre. *Boletín de Museo de Arte Precolombino*, 24(1), 131-152. 10.4067/S0718-68942019000100131

- Gómez, M. L. (2000). *La restauración. Examen científico aplicado a la conservación de obras de arte*. Cátedra Cuadernos Arte. Instituto del Patrimonio Histórico Español.
- Íñiguez, A. y Gradín, C. (1977). Análisis mineralógico por difracciones de rayos X de muestras de pinturas de la cueva de las manos, estancia Alto Río Pinturas (Provincia de Santa Cruz). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología, XI*, 121-128.
- Kolormax® (2020). Ficha técnica del Yeso París o Tipo II. Recuperado de <https://www.kolormax.com.ar/fichas/ficha-tecnica-yeso-paris.pdf> (Consultado el 6 noviembre 2020).
- Llamazares, A. M. (2000). Arte rupestre de la cueva La Candelaria, Provincia de Catamarca. *Publicaciones Arqueología, 50*, 1-26.
- Méndez Melgar, C. (2008). Cadenas operativas en la manufactura de arte rupestre: un estudio de caso en El Mauro, valle cordillerano del norte semiárido de Chile. *Intersecciones en Antropología, 9*, 145-155.
- Miró, R. C., Gaido, M. F. y Candiani, J. C. (2004). *Hoja Geológica 2966-IV. Recreo. Provincias de Catamarca, Santiago del Estero, Córdoba y La Rioja*. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero (SEGEMAR).
- Morgado, A. y Baena Preysler, J. (2011). Experimentación, Arqueología Experimental y experiencia del pasado en la Arqueología actual. En A. Morgado, J. Baena Preysler y H. García González (Eds.), *La investigación experimental aplicada a la Arqueología* (pp. 21-28). Imprenta Galindo.
- Morlans, C. (1995). Regiones naturales de Catamarca. Provincias geológicas y fitogeográficas. *Revista de Ciencia y Técnica, 2*(2), 1-42.
- Munsell® Color Company -XRite. (2000). *Munsell Soil Color Chart* (Year 2000 Revised Washable Edition).
- Nazar, D. C. (2003). *Relevamiento Arqueológico de la Zona Austral de la sierra de Ancasti (Provincia de Catamarca)*. CENEDIT; Universidad Nacional de Catamarca.
- Nazar, D. C., De La Fuente, G. y Vera S. (2010). Estudios tecnológicos y de composición de mezclas pictóricas de La Tunita, Catamarca, Argentina. *Actas del XVII Congreso Nacional de Arqueología, 2*, pp. 913-918. Mendoza.
- Nazar, D. C., De La Fuente, G. y Gheco, L. (2014). Entre cebiles, cuevas y pinturas. Una mirada a la estética antropomorfa del arte rupestre de La Tunita, Catamarca, Argentina. *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino, 19*(1), 37-51. 10.4067/S0718-68942014000100004
- Nazar, D.C. y De La Fuente, G. (2016). Pintores antiguos, tecnología y pigmentos: aportes para la reconstrucción de las cadenas operativas implicadas en la producción de las pinturas de La Tunita, Motegasta y La Resfaloza (Dptos. Ancasti y La Paz, Catamarca, Argentina). En F. Oliva, A. M. Rocchietti y F. S. Banfi (Eds.), *Imágenes Rupestres lugares y regiones* (pp. 181-194). Editorial Universidad Nacional de Rosario.
- Ortega, J. J., Arino, X., Stal, L. J., Saiz, C. (1994). Cyanobacterial sulfate accumulation from black crust of a historical building. *Geomicrobiological Journal, 12*, 15-22.
- Paunero, R. S. (1992). Manos pintadas en negativo: un ensayo de experimentación. *Revista de Estudios regionales-CEIDER, 9*, 47-68.
- Quesada, M. y Gheco, L. (2011). Modalidades espaciales y formas rituales. Los paisajes rituales de El Alto-Ancasti. *Comechingonia, 15*, 17-37. 10.37603/2250.7728.v15.n1.17908
- Rial, G. y Barbosa, C. (1983-1985a). Análisis mineralógico por difracción de rayos X de muestras de pinturas del Cerro Casa de Piedra, Sitio CCP5 (Provincia de Santa Cruz, Argentina). *Cuadernos del Instituto Nacional de Pensamiento Latinoamericano, 10*, 307-311.
- Rial, G. y Barbosa, C. (1983-1985b). Análisis mineralógico por difracción de rayos X de muestras de pinturas del sitio Inca Cueva 4 (Provincia de Santa Cruz, Argentina). *Cuadernos del Instituto Nacional de Pensamiento Latinoamericano, 10*, 313-317.
- Sanchidrián, J. (2009). *Manual del Arte Prehistórico*. Ariel.
- Solá, P., Yacobaccio, H., Rosenbuch, M., Maier, M., Vázquez, C., y Catá, M. P. (2013). Hematita vs. arcillas: su potencial como pigmentos rojos y su uso en tres sitios de la Puna Jujeña. *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino, 18*, 67-83. 10.4067/S0718-68942013000100005
- Tomasini, E., Basile, M., Ratto, N. y Maier, M. (2012). El deterioro ambiental en manifestaciones rupestres: un caso de estudio del oeste tinogasteño (Catamarca, Argentina). *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino, 17*, 27-38.
- Yacobaccio, H., Paz Catá, M., Sola, P. y Alonso, M. (2008). Estudio arqueológico y físico-químico de pinturas rupestres en Hornillos 2 (Puna de Jujuy). *Estudios Atacameños, Arqueología y Antropología sur andinas, 3*, 5-28.

NOTAS

- 1.- En la definición de mezcla pigmentaria, el concepto de "carga" aquí utilizado (Gárate Maigadán, 2007,

p. 158) se homologa al de “aditivos” propuesto por Carlos Aschero (Aschero, 1988, pp. 124-125); asimismo, el concepto de “vehículo” o “aglutinante” (este último, propuesto por Gárate Maigadán, 2007, p. 158) se homologa al concepto de “diluyente” de Aschero (1988, pp. 124-125). El concepto de “soporte” es el mismo para ambos autores.

2.- En este trabajo solo se utilizó cal industrial, dado que no se pudo realizar la experiencia de triturar, moler y quemar las rocas calizas recolectadas en la zona. La idea de utilizar la cal en la preparación previa de los soportes respondió a la expectativa de que esta habría actuado mejorando la fijación y adhesión de la mezcla pigmentaria a la roca soporte.