



Probando recetas de pigmentos cerámicos: diseño experimental y primeros resultados para los rojos de la región de Fiambalá (Tinogasta, Catamarca)

*Testing ceramic pigment recipes: experimental design and first results
for red hues from Fiambalá region (Tinogasta, Catamarca)*

Mara Basile¹, Eleonora Freire^{2, 3, 4}, María Reinoso^{2, 3, 4},
Micaela Rossi¹, Emilia B. Halac⁴ y Norma Ratto¹

¹Universidad de Buenos Aires - CONICET, Instituto de las Culturas (IDECU), Moreno 350 (1091) CABA.
E-mail: basilemara@gmail.com; micaarossi@gmail.com; nratto@filo.uba.ar

²CONICET.

³Escuela de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de San Martín.
E-mail: mreinoso@unsam.edu.ar; elefreire@gmail.com

⁴Gerencia de Investigación y Aplicaciones, Centro Atómico Constituyentes.
Comisión Nacional de Energía Atómica. E-mail: emiliahalac@gmail.com

Resumen

Los resultados arqueométricos (espectroscopía Raman y difracción de rayos X) obtenidos a partir del desarrollo de un trabajo interdisciplinario entre arqueólogas, físicas y químicas indican que se empleó el mismo compuesto de base (hematita: $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) para lograr las pinturas rojas y generar la amplia paleta de tonalidades presentes en los baños y diseños de piezas cerámicas que circularon entre los siglos I y XVI de la era en las regiones de Fiambalá y Chaschuil. Estos resultados generaron una serie de interrogantes que derivaron en la preparación de un diseño experimental para evaluar si la temperatura máxima de cocción generaba cambios en la composición química de las pinturas y en la tonalidad obtenida. La experimentación se desarrolló bajo condiciones controladas de observación, registro y análisis en dos etapas que difirieron fundamentalmente en la forma de cocción: (i) mufla eléctrica y (ii) horno de barro de tiro directo. En función de los primeros resultados obtenidos, introdujimos una serie de variantes dentro de cada una de estas etapas a fin de evaluar el rol del tiempo de cocción sostenido a cada temperatura y la incorporación de ligantes orgánicos en las recetas. Los resultados indican la presencia de hematita como causa de los tonos rojos. No se detectaron modificaciones químicas de importancia entre los pigmentos cocidos a 750 o a 900 °C ni entre los que permanecieron a dichas temperaturas durante lapsos entre 0 y 20 minutos. Los ligantes no tuvieron impacto en la composición ni en las tonalidades obtenidas.

Palabras clave: Arqueometría; Diseño experimental; Pigmentos cerámicos; Tonalidades rojas; Fiambalá (Catamarca).

Abstract

Archaeometric results (Raman spectroscopy and X-ray diffraction) achieved by an interdisciplinary group of archaeologists, physicists and chemists show that the same base compound (hematite: $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) was employed to obtain red paints with a wide palette of tonalities, as the ones observed in slips and designs from recovered pottery pieces in Fiambalá and Chaschuil regions, dating from the 1st to the 16th centuries AD. These results raised questions, which prompted an experiment to evaluate the influence of the firing temperature on both chemical composition of paints and resulting hue. A two stages experiment, differing in the firing method (muffle furnace and direct-draft clay oven), was conducted under controlled conditions of observation, recording, and analysis. Building upon the preliminary results, some variations were conducted to assess the impact of firing time at each temperature and the inclusion of organic binders in the recipes. Results point out hematite as the cause of red tones in all cases. No significant chemical changes were detected in the pigments, whether fired at 750 or 900 °C, or in those maintained at these temperatures for periods ranging from 0 to 20 minutes. Additionally, the binders had no impact on the composition or the resulting tonalities.

Keywords: Archaeometry; Experimental design; Ceramic pigments; Red hues; Fiambalá (Catamarca).

Recibido 22-09-2023. Recibido con correcciones 23-11-2023. Aceptado 29-11-2023

Revista del Museo de Antropología 16 (3): 65-78 /2023 / ISSN 1852-060X (impreso) / ISSN 1852-4826 (electrónico)
<http://revistas.unc.edu.ar/index.php/antropologia/index>

IDACOR-CONICET / Facultad de Filosofía y Humanidades – Universidad Nacional de Córdoba - Argentina



Introducción

Los procesos de producción, circulación y uso de la alfarería, que involucran tanto decisiones técnicas como otras vinculadas con el mundo social y religioso, jugaron un papel sustancial, a lo largo de los años, expresando las combinaciones que se dieron a lo largo del tiempo entre los modos de hacer y ver de sus realizadores (Ratto et al., 2007, 2009; Basile, 2013). Son fenómenos sociales que expresan distintas visiones del mundo fundadas en valores y actitudes compartidas dentro de un grupo social, que son reafirmados y reformulados en el momento de la toma de las múltiples decisiones que conllevan estas prácticas, desde la búsqueda y recolección de las materias primas hasta la obtención del producto terminado y los diversos usos a lo largo de historia de vida de estos materiales (Ratto et al., 2020). De este modo, las piezas cerámicas son objetos con los que las distintas sociedades han entablado y construido relaciones diversas y profundas a lo largo del tiempo. La elección, preparación y uso de colores en sus diseños y engobes están profundamente vinculados con las preferencias estéticas y los códigos que definen y distinguen los lenguajes visuales, implican entramados de prácticas que inician con el proceso de selección, extracción y producción de las pinturas (combinando arcillas, minerales, agua y ligantes) y decantan en el uso y la circulación de las vasijas coloreadas. De este modo, los colores y los efectos perceptivos que generan, participan de la configuración de una red social y de sentido que involucra personas, objetos, acciones, gestos técnicos, conocimientos, momentos y lugares (Ávila, 2011).

Sin embargo, abordar el uso del color no solo demanda focalizar en su dimensión social, considerando sus cualidades en relación con aspectos funcionales, simbólicos o estéticos, sino también enfocar las dimensiones materiales implicadas en su obtención, preparación, aplicación y uso (Fiore, 2006; Puente, 2011; Sepúlveda, 2021). Abordar el aspecto material del color permite focalizar en los saberes vinculados, entre otros aspectos, con la detección de fuentes de minerales colorantes y ligantes, y la confección de mezclas de pintura para obtener diferentes colores y tonalidades (Sepúlveda, 2021). Constituye, además, un primer paso para comenzar a aproximarnos no sólo a las relaciones que estas comunidades establecieron con sus territorios sino también a la forma en que los conocimientos y valores ligados al uso del color articularon los vínculos de dichas comunidades con sus vecinos, sus ancestros y las distintas entidades que habitaron sus mundos (Sepúlveda, 2021).

Es en este marco que comenzamos a caracterizar química y mineralógicamente las mezclas pigmentarias en muestras cerámicas provenientes de las regiones de Fiambalá y Chaschuil (Tinogasta, Catamarca) y desarrollamos un trabajo interdisciplinario entre arqueólogas del

Proyecto Arqueológico Chaschuil Abaucán (PACH-A) e investigadoras de la Comisión Nacional de Energía Atómica-Constituyentes (Ratto et al., 2016; Freire et al., 2018; Basile et al., 2019; Ratto et al., 2020). Los resultados arqueométricos obtenidos hasta el momento por espectroscopía Raman y difracción de rayos X indican que se empleó el mismo cromógeno¹ (fundamentalmente hematita: $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) para lograr las pinturas rojas utilizadas en los baños y diseños de piezas cerámicas que circularon en distintos contextos y ambientes de ambas regiones entre los siglos I y XVI de la era generando una amplia paleta de tonalidades que van del rojo anaranjado al rojo oscuro (Ratto et al., 2020). En términos generales hemos observado que durante la primera mitad del primer milenio las sociedades aldeanas priorizaron las incisiones y los pulidos en líneas sobre la pintura que se limitó al rojo (10R 4/6) aplicado sobre algunas de las cerámicas estilo "Saujil". A partir de la segunda mitad del primer milenio a este escenario se suman las cerámicas estilo "Aguada" en cuyas superficies se han aplicado gran variedad de colores, especialmente distintas tonalidades de rojo (amarronado 2.5YR 4/4, oscuro 10R3/4, muy oscuro 10R 3/6, débil 10R 4/4, marrón rojizo 2.5YR 5/4), asociadas con negros y cremas. Con el paso del tiempo esta expansión cromática fue restringiéndose y en la alfarería estilo Belén y Sanagasta típica del segundo milenio tendieron a dominar los rojos y negros pero muy estandarizados (10R 4/6; 5/6). En la alfarería de momentos incaicos nuevamente se incrementó la diversidad de colores (rojos, negros y cremas) pero las tonalidades de los rojos mantienen la estandarización limitándose al rojo (2.5YR 4/8) y rojo oscuro (10R 3/6) (Ratto et al., 2020) (Figura 1).

Estos resultados generaron una serie de nuevos interrogantes ligados a la obtención, preparación, aplicación y uso de los colores en la región de Fiambalá entre los siglos VI y XVI que derivaron en la planificación y ejecución de un diseño experimental en laboratorio y en campo. El objetivo fue recrear las formas de preparación de las mezclas de pinturas empleadas para lograr las distintas tonalidades de rojos registradas en la cerámica arqueológica, evaluando si la temperatura máxima, el tiempo de exposición a esa temperatura y la incorporación de ligantes orgánicos tenían alguna incidencia en la composición química y tonalidad obtenida. Es importante destacar que los trabajos se iniciaron en tiempos de Pandemia.

Consideramos que la experimentación es una potente herramienta metodológica y de investigación que permite no sólo poner a prueba hipótesis derivadas de la observación de los materiales arqueológicos sino también formular nuevas propuestas a partir del análisis de sus resultados (Baena, 1997). Diseñar un experimento implica

¹ Compuesto que contiene al elemento cromóforo (hierro) en la estructura cristalina, ya sea como elemento fundamental (hematita) o como traza en la estructura mineral (Solá et al., 2013).



Figura 1: Las distintas tonalidades de pinturas rojas base hematita registradas en la cerámica prehispánica de la región de Fiambalá. A la izquierda se presentan algunos fragmentos, a la derecha la paleta general de rojos locales empleando los códigos de la carta de colores Munsell.

Figure 1: Different hematite-based red paints tonalities recorded on the pre-Hispanic ceramics from Fiambalá region. On the left: some fragments; on the right: general palette of local reds using Munsell color chart codes.

reducir parte del fenómeno a estudiar con rigurosidad a un conjunto de variables seleccionadas en función de los interrogantes que queremos responder, evaluando la pertinencia de sus resultados (Morgado y Baena, 2011). La sistematicidad en la observación y el control de las variables hacen posible la reproducibilidad y permiten crear un marco de referencia para discutir los factores que podrían haber intervenido para generar los resultados que observamos (Frère et al., 2004; Ottagalano, 2010).

En el caso de la alfarería del Noroeste Argentino (NOA), las experiencias realizadas han tendido a focalizarse en las cadenas operativas, en las técnicas de ejecución (Balesta y Zagorodny, 1998, 2002; Balesta et al., 2009), en las materias primas empleadas (Cremonte, 1996; Garrett, 2007; Feely, 2010; Páez y Giovanetti, 2010; Puente, 2011; Pereyra Domingorena, 2013, entre otros). Las experiencias centradas en los procesos de cocción de las piezas cerámicas han utilizado distintos tipos de combustible, han evaluado las temperaturas alcanzadas (García, 1993; Palamarczuk, 2004) y han replicado las estructuras de cocción (Wachsman et al., 2020; Wachsman, 2022). En distintas ocasiones, estas experiencias se han nutrido de diversos talleres orientados a recuperar los conocimientos locales y/o a integrar los saberes ligados a la manufactura de las comunidades del pasado generados desde la arqueología (Ratto, 2006; Pérez et al., 2020, Salerno et al., 2020, entre otros).

Particularmente los estudios sobre recetas de pinturas aplicadas en la alfarería del NOA se han orientado a caracterizar su composición química y mineralógica mediante la realización de análisis arqueométricos diversos (Acevedo, 2015, Cremonte et al., 2003; Puente et al., 2017; Bugliani et al., 2012; De la Fuente et al., 2018, 2019; Centeno et al., 2012, Ratto et al., 2020, entre otros). Sin embargo, las experimentaciones dirigidas a replicar estas recetas colorantes para su aplicación sobre soporte cerámico tienen un desarrollo aún muy limitado y reciente. Por ejemplo, Puente y colaboradores

(2019) presentan información interesante derivada de resultados experimentales sobre cómo el control de las temperaturas y atmósferas de cocción (neutras), y el uso de un proceso técnico refinado para la producción de pigmentos por parte de los alfareros habría derivado en la persistencia de magnetita en pinturas de color negro sin necesidad de realizar una doble cocción de las piezas. Por su parte, Martínez Carricondo y colaboradores (2022) emplean la experimentación para abordar la policromía de la alfarería Aguada Portezuelo evaluando diversos cromógenos minerales, controlando las temperaturas y los tiempos de cocción, generando nuevos interrogantes a explorar en experimentaciones futuras. Estos trabajos experimentales constituyen avances interesantes, pero no logran aun calibrar con precisión la compleja relación que existe entre los procesos químicos y la tecnología cerámica como fenómeno social.

Aquí damos un primer paso desarrollando un diseño experimental que nos permita comenzar a develar algunos de los procesos técnicos y potenciales decisiones tomadas por los y las alfareras para la preparación de las pinturas de color rojo aplicadas en los conjuntos alfareros locales. Somos conscientes de que son múltiples las dimensiones que resultan articuladas durante estos procesos en los que las personas y los objetos cerámicos crean relaciones sociales, políticas, de memoria e identitarias (Gosselain, 1998, 2000; Hosler, 1996) pero dar cuenta de ellos excede las posibilidades de este trabajo.

El diseño experimental

La experimentación se desarrolló bajo condiciones controladas de observación, registro y análisis en dos etapas que difirieron fundamentalmente en la forma de cocción: (i) mufia eléctrica con control automático de temperatura y (ii) horno de barro de tiro directo. En función de los primeros resultados obtenidos introdujimos variantes dentro de cada una de estas etapas que sólo resultan comparables internamente, es decir, dentro de

cada uno de los sistemas de cocción. A continuación, presentamos las distintas etapas que se ilustran sintéticamente en la figura 2.

- a) La arcilla: se recolectaron 2 kg de arcilla del río La Troya (1480 msnm, Fiambalá, Catamarca), que fueron hidratados, decantados y amasados en estado plástico para la preparación de la pasta cerámica, sin agregado de inclusiones. La elección de esta arcilla se basó en los resultados de los estudios de procedencia de materias primas cerámicas realizados sobre gran cantidad de fragmentos de piezas y de muestras de barro fango-arcillosos mediante la aplicación de la técnica de análisis por activación neutrónica instrumental (Ratto et al., 2002, 2004; Ratto et al., 2013, 2015). Dichos análisis indican que el Alfar de La Troya generó amplios depósitos de bancos fango-arcillosos disponibles en las barrancas y piletones naturales que forma el río dentro de su cauce, que fueron explotados a lo largo del tiempo por las sociedades, tanto del primer milenio como del segundo, a los fines de obtener las materias primas necesarias para la producción alfarera.
- b) Los soportes: se confeccionaron 107 briquetas estandarizadas de 4 cm de ancho por 4 cm de largo y un espesor de 5 mm. Cada briqueleta se dividió en 4 cuadrantes y cada uno de ellos se identificó con el número romano correspondiente a cada una de las mezclas pigmentarias preparadas (ver debajo). Todas las briquetas fueron numeradas en el dorso en forma correlativa. La medida de las briquetas se definió en función del tamaño de la mufla, que fue el

dispositivo de cocción seleccionado para la primera instancia experimental que se llevó adelante durante la pandemia. A fin de poder comparar los resultados de las dos instancias experimentales, el tamaño de las briquetas se mantuvo constante también durante la quema en horno de barro.

- c) Preparación de las recetas colorantes: el análisis de las hojas geológicas de la región (González Bonorino, 1972; Rubiolo et al., 2003) permitió comprobar que las regiones de Fiambalá y Chaschuil presentan una diversa geología y una alta presencia de minerales ferromagnesianos (Ratto et al., 2020). Sin embargo, el análisis de pigmentos naturales locales es, al momento, muy limitado. En esta oportunidad empleamos distintas sustancias locales de color rojo para evaluar su potencialidad como colorantes: (receta I) arcilla decantada del río La Troya; (receta II) crayón recuperado en la excavación de la Aldea de Palo Blanco (APB) habitada durante el primer milenio y (receta III) pigmento procedente de la Quebrada de La Angostura (QLA). Estos colorantes fueron comparados con el óxido de hierro comercial certificado del local "Del ceramista" (receta IV). Para la molienda del pigmento de QLA y la arcilla de La Troya se utilizó un mortero de mármol y un tamiz; mientras que para la molienda del crayón de la APB se empleó un mortero de ágata. Se prepararon las cuatro recetas de pintura de color rojo combinando barro fango-arcilloso proveniente de La Troya con agua destilada y los potenciales pigmentos minerales (Tabla 1). Cada uno de los ingredientes fue pesado para tener control

Tabla 1: Recetas colorantes preparadas y utilizadas en las briquetas horneadas en las distintas etapas y variantes experimentales (laboratorio y campo)^{1, 2}. ¹ Se dejaron ocho briquetas testigo sin hornear, dos por cada una de las recetas colorantes preparadas (I-IV iniciales sin ligantes, Ia-Iva con resina de brea y Ib-IVb con resina de algarrobo) y dos sin pintura. ² No se incluye en la tabla la variante 1 porque no hay diferencias en las recetas, sino que lo que se controla son los tiempos de sostenimiento a la temperatura máxima.

Table 1: Coloring recipes prepared and used on briquettes fired in the different experimental stages and variants (laboratory and field).

ETAPA EXPERIMENTAL por tipo de cocción			Recetas		COMPONENTES						Temperatura máxima	N Briquetas	
					arcilla	cromógenos			diluyente	ligantes			
					arcilla del alfar de La Troya	pigmento APB	pigmento QLA	pigmento comercial	Agua destilada	resina de brea			resina de algarrobo
ETAPA	1	mufla	iniciales sin ligante	I	8 g				4 ml		900 y 750 °C	40	
				II	4 g	2 g		3,5 ml					
	2	horno de barro		III	8 g		4 g	7 ml		24			
				IV	8 g		4 g	7 ml					
VARIANTE	2.1	horno de barro	iniciales con resina de brea	I.a	8 g				4 ml	2,25 ml	900 y 750 °C	24	
				II.a	4 g	2 g		3,5 ml	1,75 ml				
				III.a	8 g		4 g	7 ml	3,5 ml				
				IV.a	8 g		4 g	7 ml	3,5 ml				
	2.2	horno de barro		iniciales con resina de algarrobo	I.b	8 g			4 ml			4,5 ml	11
					II.b	4 g	2 g		3,5 ml			4,5 ml	
					III.b	8 g		4 g	7 ml			7 ml	
					IV.b	8 g		4 g	7 ml			7 ml	

sobre las cantidades empleadas, el agua destilada fue integrada con pipeta graduada y las mezclas se realizaron en frascos de vidrio. Para la combinación y proporciones de los ingredientes de cada receta se contó con la colaboración de las alfareras tradicionales Adriana Martínez, Julieta Medina y Sonia Ramil cuyos saberes fueron fundamentales para poder generar las mezclas. Las proporciones empleadas fueron 70% de arcilla y 30% de sustancia colorante; el diluyente se incorporó en función de la obtención de la consistencia de barbotina necesaria para poder aplicar la pintura sobre las briquetas. Cabe aclarar que actualmente las alfareras locales emplean pigmentos comerciales en sus producciones, el uso de pigmentos naturales parece haberse discontinuado con el tiempo.

- d) Aplicación de pinturas: se utilizó un pincel de cerdas sintéticas tipo “lengua de gato” comercial con un mango de madera. Se decidió no alisar ni pulir para no integrar el soporte a la mezcla pigmentaria. Se aplicaron dos pinceladas por mezcla.
- e) Las cocciones: las muestras experimentales fueron horneadas en atmósfera oxidante alcanzando los 750 °C y 900 °C, a fin de recrear los picos de temperaturas inferidos para las piezas arqueológicas locales a partir de las composiciones químicas y los cambios estructurales detectados (De la Fuente et al., 2023, Ratto et al., 2020). En una primera etapa, la cocción se realizó en condiciones controladas empleando una mufla eléctrica que puede trabajar desde temperatura ambiente a 900 °C. En una segunda etapa, la quema se realizó en un horno de tiro directo construido con ladrillos de construcción y barro en casa de la alfarera Sonia Ramil en Fiambalá, empleando leña de algarrobo. La estructura de este tipo de horno es similar a algunas de las estructuras de combustión arqueológicas registradas en el área de La Troya (Ratto y Feely, 2020).
- f) Introducción de variantes dentro de cada etapa:
 - a. En Etapa 1 (Variante 1.1): Sostenimiento de la temperatura máxima. Aprovechando la potencialidad del control preciso de temperatura ofrecido por la mufla eléctrica evaluamos si existían diferencias de tonalidad en función de los tiempos de permanencia a la temperatura máxima sosteniendo la cocción intervalos de 0, 5', 10', 20' y 30' minutos.
 - b. En Etapa 2 (Variante 2.1 y 2.2): Dado que las recetas iniciales no mostraban variaciones sustanciales de tonalidad en laboratorio (ver más adelante), en la segunda etapa experimental (quema en campo) decidimos integrar ligantes orgánicos locales a las

mezclas. Siguiendo la sugerencia de las ceramistas tradicionales consultadas, en esta oportunidad empleamos resinas exudadas de dos especies vegetales nativas: brea (*Cercidium praecox*) (variante 2.1) y algarrobo (*Prosopis flexuosa*) (variante 2.2) ambas diluidas al 50% en agua destilada a 80°C (Tabla 1).

- g) Caracterización arqueométrica: las pinturas aplicadas en las briquetas fueron analizadas por microespectroscopía Raman (RS) y por difracción de Rayos X (DRX) antes y después del tratamiento térmico a fin de comparar los resultados entre las horneadas de laboratorio (Etapa 1) y campo (Etapa 2). Asimismo, se evaluaron los efectos de las dos variantes introducidas en cada etapa: (i) tiempos de sostenimiento de la temperatura máxima durante la cocción en horno eléctrico (Variante 1.1); e (ii) introducción de ligantes orgánicos en la cocción en horno de barro (Variantes 2.1 y 2.2). Los espectros Raman se adquirieron con un espectrómetro comercial LabRAM HR de Horiba Jobin Yvon, con una línea láser de HeNe en 632,8 nm, acoplado a un microscopio que permite obtener un diámetro de spot entre 5 y 10 m; la potencia del láser se mantuvo en el orden de 0,1 mW – 1 mW para garantizar la preservación de la muestra. La resolución espectral alcanzada es de 2 cm⁻¹. Se midieron entre dos y cuatro puntos en cada una de las recetas de pintura antes y después del tratamiento térmico en mufla y en horno de barro. Los difractogramas se obtuvieron con un difractor Panalytical (Empyrean) con detector PIXCEL3D, utilizando radiación Cu K α (1,54184 Å) monocromatizada con grafito, a temperatura ambiente (1° rendija de divergencia; 1° rendija detectora y 0.1 mm rendija receptora). Las mediciones de rayos X se realizaron utilizando el modo por pasos (0,02° por paso) con un tiempo de conteo de 15 s por paso, en el rango 10° ≤ 2θ ≤ 70°. Las fases se identificaron con la base de datos de difracción de polvo JCPDS-ICDD (Centro Internacional de Datos de Difracción, PA, Newton, EE. UU.). Las muestras fueron montadas directamente utilizando un soporte de Al para fijarlas. Se midieron muestras antes del tratamiento térmico, horneadas en mufla a 750 °C y a 900 °C y horneadas en horno de barro (sin ligante, con brea y con algarrobo) a 900 °C.
- g) Registro de tonalidades: se determinó la tonalidad de cada una de las recetas de pintura aplicadas en las briquetas antes y después de cada una de las cocciones a partir de la carta de colores Munsell, cuyo código expresa la combinación entre tono (hue), luminosidad (value) y saturación (chroma) del color (expresado como T L/S, a modo de ejemplo: 10R 4/4) (Ávila, 2011). Esto permitió evaluar las variaciones



Figura 2: Síntesis de las dos etapas del diseño experimental desarrollado en laboratorio y en campo y sus variantes internas.

Figure 2: Overview of the two stages experimental design conducted in both the laboratory and the field, including internal variations.

existentes en las tonalidades en cada uno de los escenarios experimentales (Etapas 1 y 2 y Variantes). Para reducir lo máximo posible los problemas ligados a la inevitable subjetividad de este registro, la medición la realizó siempre la misma observadora y bajo las mismas condiciones de luz natural.

Resultados

Esta experimentación se desarrolló en dos etapas siguiendo los lineamientos metodológicos antes planteados, tanto para la comparación de los dos sistemas de cocción como para las variantes realizadas en cada una de ellas. A saber:

- 1- Primera Etapa: cocción en mufla eléctrica en laboratorio. Se hornearon 40 briquetas pintadas con las recetas originales sin ligantes, 4 briquetas por horneada. El tiempo de cocción fue de una hora para alcanzar la temperatura requerida (750°C y 900°C, respectivamente) volviendo a temperatura ambiente de forma natural.
- 2- Segunda Etapa: quema en un horno de tiro directo en Fiambalá. Se realizaron dos horneadas que fueron controladas con termocupla cada 10 minutos durante el tiempo que requirió cada quema, para poder crear una curva de temperatura (Figura 3). La primera quema inició a las 11:30 h y alcanzó los 900 °C a las 16:38 h (tiempo total de cocción: 5h). La segunda

quema inició a las 16:15 h y finalizó a las 18:17 h al llegar a 750 °C (tiempo total de cocción: 2h). En ambos casos las briquetas se retiraron del horno al día siguiente.

Los resultados arqueométricos del análisis de las briquetas experimentales indican en todos los casos la presencia de hematita ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) como responsable del color. En el análisis de espectroscopia Raman (RS) se evidencia la presencia de los picos cercanos a 224, 242, 290, 294, 409, 496, 610, 660, 1314 cm^{-1} coincidentes con los reportados para hematita en la bibliografía (Marshall et al. 2020). También se registran, en algunos casos, anatasa (TiO_2), anhidrita (CaSO_4), rutilo (TiO_2), calcita (CaCO_3), cuarzo (SiO_2) y albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) que forman parte del antiplástico natural de la arcilla del alfar de La Troya que incluimos en todas las mezclas. En el sector superior de la Figura 4 se presentan los espectros resultantes del análisis por RS para cada una de las recetas aplicadas sobre las briquetas horneadas a 750 °C en las dos etapas del diseño experimental y la posición de los picos de los compuestos más relevantes de acuerdo a la bibliografía. De su observación se desprende que los compuestos detectados no varían sustancialmente entre las horneadas en mufla (Etapa 1) y horno de barro (Etapa 2), en función de las temperaturas máximas alcanzadas. Cabe destacar que las intensidades relativas de los picos y sus anchos pueden modificarse por la orientación cristalina o impurezas que cambian en distintos puntos de la misma muestra (Marshall et al. 2020). Se presenta solo un resultado de

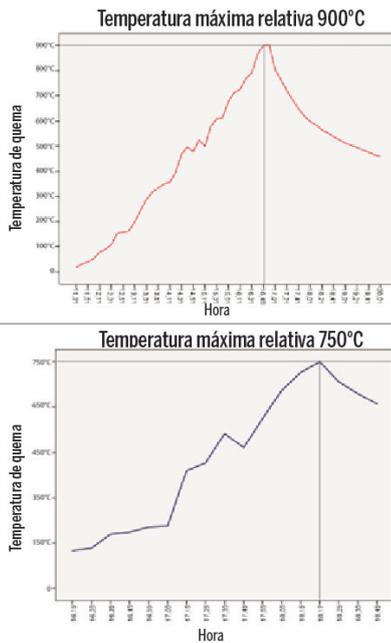


Figura 3: Curvas de control de la temperatura con termocupla cada 10 minutos en las quemas en horno de barro a 900 °C y 750 °C utilizando leña de algarrobo como combustible.

Figure 3: Temperature control curves, recorded with a thermocouple every 10 minutes, during firing in a clay oven at 900 °C and 750 °C using carbon wood as the fuel.

los varios puntos medidos para mayor claridad.

En las horneadas de 900 °C es notable en RS la intensidad del pico de anatasa c.a. 142 cm⁻¹ en particular en las recetas I y III, lo que dificulta la comparación visual de los picos característicos de hematita (para la cocción a 750°C se puede ver en figura 4a y b); sin embargo, la identificación del compuesto es inequívoca en todos los casos. Para mostrar resultados de ambas técnicas, en el sector inferior de la figura 4 se muestran los difractogramas correspondientes a horneadas de 900 °C donde, nuevamente, no se aprecian diferencias significativas entre ambos métodos de cocción. La comparación de los difractogramas de las muestras sin cocción y cocidas

a distintas temperaturas en mufla da cuenta del proceso de transformación química de ciertos compuestos tras el tratamiento térmico: el yeso (CaSO₄·2H₂O) comienza a transformarse en anhídrita (CaSO₄) y la calcita (CaCO₃) se descompone perdiendo intensidad (Escardino et al., 2006). Los picos característicos del yeso pierden intensidad hasta prácticamente desaparecer mientras ganan intensidad los de la anhídrita. El pico más intenso de calcita también casi desaparece tras la cocción (figura no mostrada por cuestiones de espacio).

Por otro lado, observamos que las tonalidades obtenidas se mantienen o potencian después del tratamiento térmico registrándose diferencias micro tonales, en

Tabla 2: Comparación de las tonalidades obtenidas sobre las briquetas experimentales antes y después de la cocción en mufla y en horno de barro a 750 °C y 900 °C, empleando los códigos de la carta de colores Munsell.

Table 2: Comparison of tonalities obtained on experimental briquettes before and after muffle and clay oven firing at 750 °C and 900 °C, using Munsell color chart codes.

Recetas según etapa experimental			Tonalidades obtenidas				
			Pre- cocción	Cocción en mufla		Cocción en horno de barro	
				post-cocción 750 °C	post-cocción 900 °C	post-cocción 750 °C	post-cocción 900 °C
ETAPA 1 Y 2	iniciales sin ligante	I	7.5YR 7/4	7.5YR 6/4	7.5YR 6/4	7.5YR 6/4	
		II	10R 5/6	10R 4/6	10R 5/6	10R 4/6	
		III	2.5YR 6/3	2.5YR 6/6	2.5YR 6/6	2.5YR 6/6	
		IV	10R 4/4	10R 4/6	10R 4/6	10R 4/6	
VARIANTE 2.1	iniciales con resina de brea	I.a	7.5YR 7/4			7.5YR 6/4	7.5YR 6/4
		II.a	10R 4/4			10R 5/4	10R 5/6
		III.a	2.5YR 6/3			2.5YR 6/3	2.5YR 6/6
		IV.a	10R 4/4			10R 4/6	10R 4/6
VARIANTE 2.2	iniciales con resina de algarrobo	I.b	7.5YR 7/4			7.5YR 6/6	7.5YR 7/6
		II.b	10R 4/4			10R 5/6	10R 5/4
		III.b	7.5YR 6/4			7.5YR 6/4	7.5YR 6/4
		IV.b	10R 4/4			10R 4/6	10R 4/6

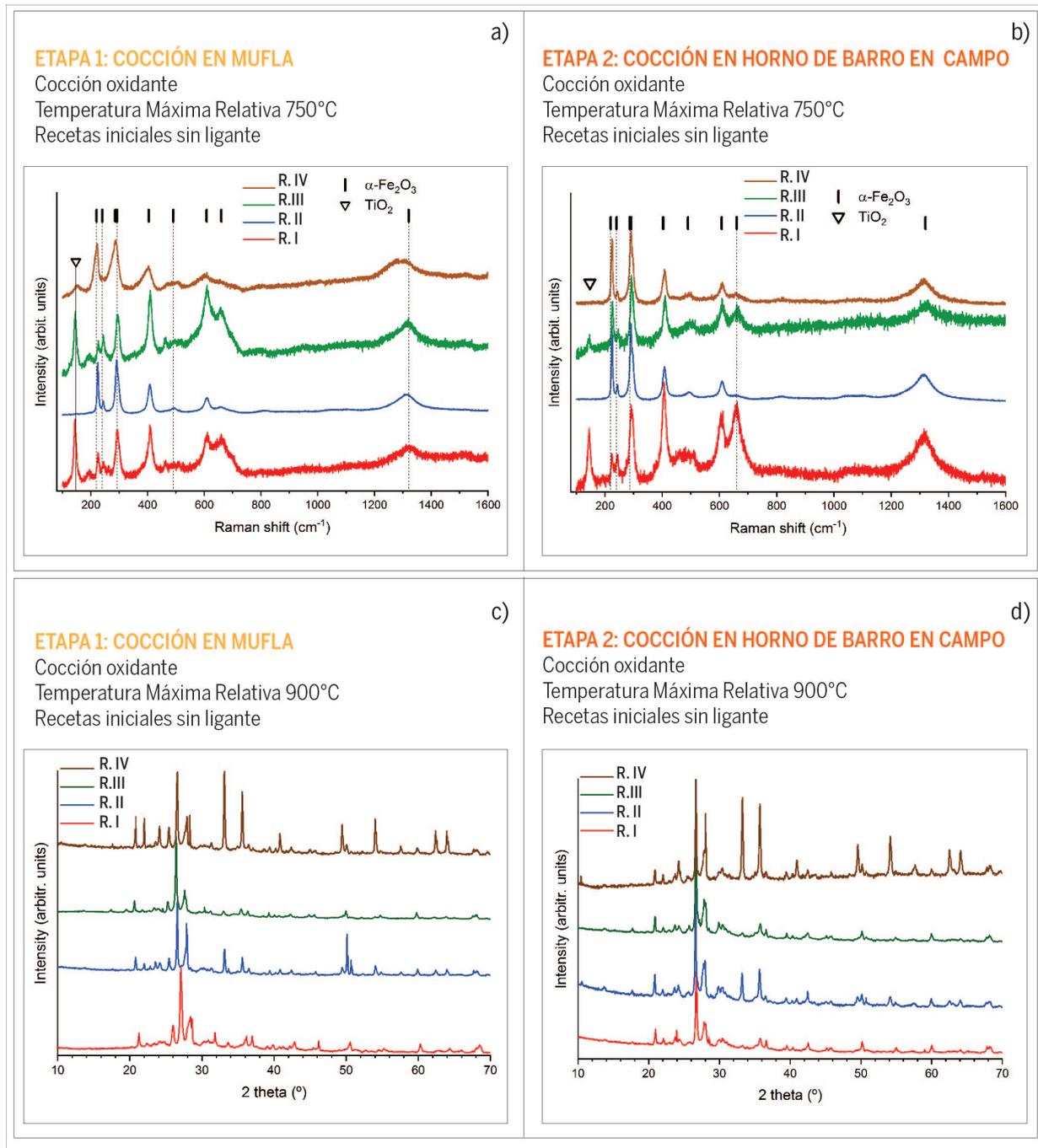


Figura 4: Arriba: Espectros Raman de las distintas recetas de pintura (R) sin ligantes, sobre briquetas horneadas a 750 °C en mufla (a) y en horno de barro (b). Se indican las posiciones de los compuestos asignados. Abajo: Difractogramas de las distintas recetas de pintura (R) sin ligantes, sobre briquetas horneadas a 900 °C en mufla (c) y en horno de barro (d).

Figure 4: Top: Raman spectra of different paint recipes (R) without binders, on fired briquettes at 750 °C in a muffle furnace (a) and in a clay oven (b). The positions of the assigned compounds are indicated. Below: diffractograms of different paint recipes (R) without binders, on fired briquettes at 900 °C in a muffle furnace (c) and in a clay oven (d).

términos de luminosidad y saturación pero no se perciben cambios significativos entre las temperaturas máximas alcanzadas en las horneadas en mufla y horno de barro (Etapas 1 y 2, Figura 5a, Tabla 2). Además, sólo dos de las cuatro recetas experimentales resultaron en tonalidades similares a las registradas en las piezas arqueológicas locales (recetas II y IV, hue 10R), las dos restantes, se acercan a rojos más débiles o amarronados (hue 2.5YR,

receta III) y al marrón claro (hue 7.5YR, receta I).

Respecto de las variantes introducidas en cada una de las etapas observamos que los distintos tiempos de permanencia a la temperatura máxima sostenidos durante la cocción en mufla eléctrica (Variante 1.1) no generaron ningún tipo de diferencia significativa ni a nivel químico ni en términos de tonalidad entre las cuatro

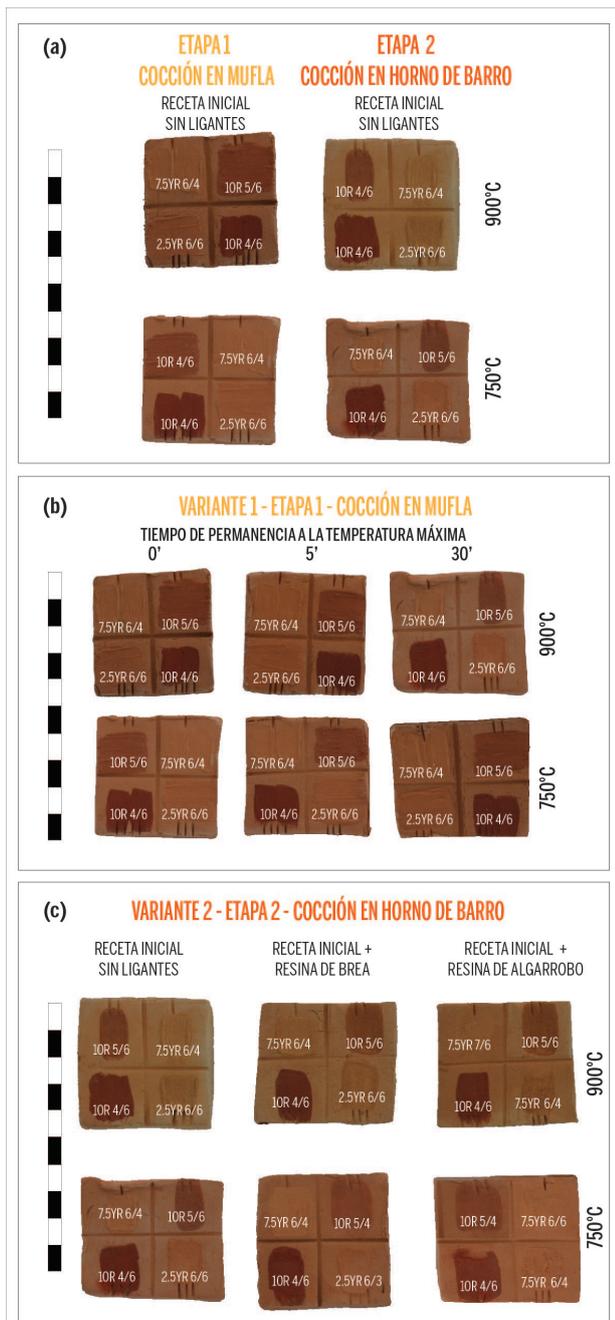


Figura 5: Comparación de las tonalidades obtenidas sobre las briquetas experimentales horneadas a 750 °C y 900 °C, empleando los códigos de la carta de colores Munsell. (a) Etapas experimentales 1 -cocción en mufla- y 2 - cocción en horno de barro-; (b) Variante 1 tonalidades en función de los tiempos de permanencia a la temperatura máxima en mufla; (c) Variante 2 tonalidades obtenidas a partir de la incorporación de ligantes orgánicos en su composición.

Figure 5: Comparison of tonalities obtained on experimental briquettes fired at 750 °C and 900 °C using Munsell color chart codes. (a) Experimental stages 1 (muffle firing) and 2 (clay oven firing); (b) Variant 1: tonalities according to firing time; (c) Variant 2: tonalities according to the incorporation of organic binders.

recetas iniciales evaluadas (Figura 5b). Por su parte, el agregado de resina de brea (Variante 2.1) o algarrobo (Variante 2.2) como ligantes orgánicos tampoco generó diferencias en cuanto a la composición observada luego de la cocción, respecto de las recetas iniciales cocidas en horno de barro (Figura 6a-d). La ausencia de diferencias composicionales registrada no resulta sorprendente ya que son los óxidos de hierro los cromógenos responsables de los rojos observados y los ligantes orgánicos integrados se queman a partir de los 400 °C sin dejar huellas a nivel químico. Esta situación resulta asimismo corroborada en el caso de la receta IV (figura 6d). La incorporación de ligantes orgánicos tampoco generó diferencias tonales relevantes, sólo una de las recetas (III) presentó diferencias muy sutiles virando hacia tonalidades más amarronadas tras el agregado de la resina de algarrobo (Figura 5c, Tabla 2).

Discusión y proyecciones futuras

La experimentación que aquí reseñamos se orientó a intentar responder algunos de los interrogantes derivados de los análisis arqueométricos realizados hasta el momento (Ratto et al., 2020) y de los resultados e interpretaciones brindados por otros colegas (Martínez Carricondo et al., 2021, Puente, 2021 com. pers.). Nos preguntamos fundamentalmente ¿cómo se lograron las diferentes tonalidades de rojos que documentamos en la cerámica arqueológica? ¿A través de recetas colorantes basadas en cromógenos diferentes? ¿a través de la incorporación de ligantes? ¿Qué rol jugaron las temperaturas de cocción de las piezas? ¿y los tiempos de permanencia a la temperatura máxima alcanzada?

Para intentar comenzar a despejarlos, diseñamos una experimentación controlada en dos instancias, una ejecutada en laboratorio y la otra en campo. Para ello se seleccionaron un conjunto de variables con el fin de recrear las formas de preparación de las mezclas de pinturas y evaluar los efectos que tuvieron los cromógenos, ligantes, temperatura y tiempos de cocción en la obtención de distintas tonalidades de rojos.

Los resultados de la experimentación y de los análisis arqueométricos permiten confirmar en todas las recetas que el cromógeno responsable de las tonalidades rojas es la hematita, combinada con anatasa, esta última vinculada con la composición de la arcilla que incorporamos en la mezcla. Esto es similar a lo registrado en las muestras arqueológicas. En ninguna de las recetas se observaron variaciones químicas en función de las distintas temperaturas o tiempos de cocción, mientras que los ligantes, tal como esperábamos, no dejaron huella a nivel composicional.

Sin embargo, respecto de las tonalidades observamos que sólo la receta II (generada en base al pigmento de APB) y la receta IV (generada en base al óxido de hierro

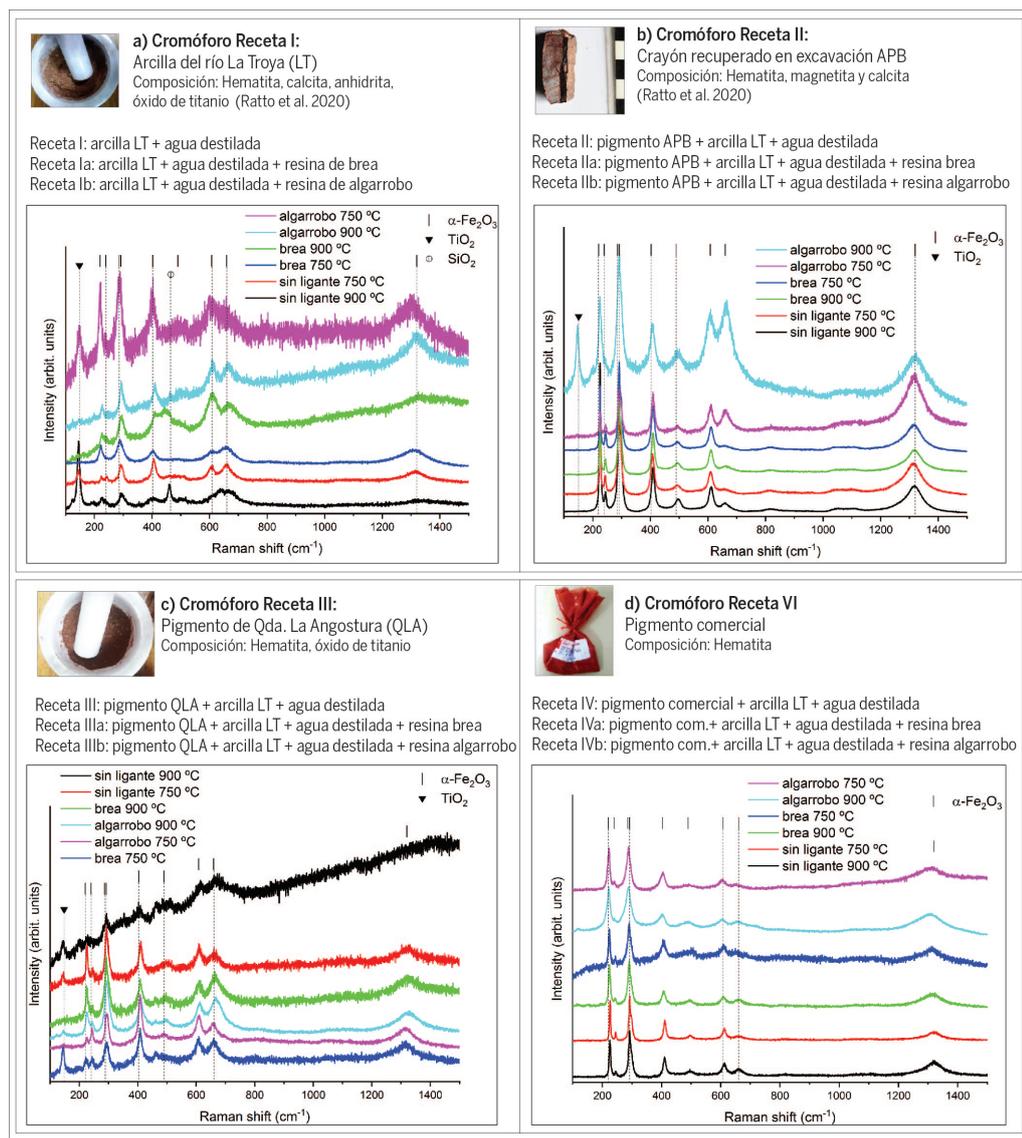


Figura 6: Espectros Raman obtenidos en los análisis de las briquetas horneadas en la Etapa 2 (horno de barro) a 750 y 900 °C para las distintas recetas sin ligantes y con resina de brea o algarrobo como ligantes (Variante 2.1 y 2.2, respectivamente): (a) Receta I: arcilla LT; (b) Receta II: pigmento APB; (c) Receta III: pigmento QLA; (d) Receta IV: pigmento comercial.

Figure 6: Raman spectra from fired briquettes in Stage 2 (clay oven) without binders or either pitch or carob resin as binders (Variant 2.1 and 2.2, respectively) at 750 and 900 °C. (a) Recipe I: clay LT; (b) Recipe II: pigment APB; (c) Recipe III: pigment QLA; (d) Recipe IV: commercial pigment.

comercial) dieron como resultado tonalidades rojas similares a algunas de las registradas en la cerámica Aguada y Belén locales (hues 10R 5/6, rojo claro, y 4/6, rojo, respectivamente). Recordemos que generamos la receta I (arcilla LT) para evaluar si el alfar del río La Troya pudo haber provisto no sólo la materia prima fangarcillosa para la fabricación de las pastas cerámicas sino también para la preparación de las recetas colorantes. Al respecto, los resultados indican que, si bien tiene contenido de hematita, lo cierto es que la tonalidad rojiza obtenida es muy moderada (7.5YR 7/6, 7/4 o 6/4, marrón claro o amarillo rojizo) con las proporciones utilizadas.

Aún no logramos identificar el proceso por el cual se obtienen distintas tonalidades a partir de una misma sustancia colorante. Al menos en esta instancia, ninguna de las variables que aquí evaluamos jugaron un rol significativo en esta dirección, y esto se cumple tanto para las sustancias locales (recetas I a III) como para el pigmento comercial (receta IV). Por el momento, vemos que cromógenos rojos de distinta procedencia (APB, QLA y óxido de hierro comercial) generan distintas tonalidades

que se mantienen estables independientemente de las distintas temperaturas y tiempos de cocción, e incluso del agregado de los ligantes orgánicos empleados. La única excepción en este sentido puede ser la resina de algarrobo que tiende a llevar algunos rojos hacia tonos más amarronados, pero esto es válido sólo para algunas de las recetas y las diferencias son muy sutiles (Figura 5c, Tabla 2).

Sabemos que la experimentación arqueológica tiene sus limitaciones ya que existen factores ligados a la formación del registro que son difíciles de simular (Morgado y Baena, 2011); en este caso son el paso del tiempo, la exposición a la radiación solar y a diversos agentes los que pueden estar afectando las tonalidades que observamos hoy en las piezas arqueológicas. Asimismo, hay modos de hacer alfarería que responden a factores y convenciones culturales que desconocemos y son las más difíciles de reproducir en una experimentación. Estas requieren la construcción de un corpus teórico a través del desarrollo de estudios etnoarqueológicos en comunidades alfareras. De todas maneras, este es sólo

un primer paso que permite descartar ciertas variables y comenzar a indagar en otras que pudieron haber influido en la obtención de tonalidades diferentes. Debemos evaluar el rol que tuvo el cambio en la granulometría de los pigmentos, la composición mineralógica de las arcillas utilizadas, la existencia de impurezas o componentes minoritarios, el porcentaje de óxido de hierro presente en las mezclas y los tratamientos de superficie (alisados y pulidos de distinta intensidad) aplicados sobre las pinturas antes de la cocción. Además, en esta experimentación asumimos que la preparación de la pintura no implica un tratamiento térmico previo a su aplicación, pero no sabemos qué efectos químicos y cromáticos podría tener la doble acción térmica. Asimismo, debemos seguir explorando las pequeñas pistas que nos deja este ejercicio, particularmente el rol que tuvo la resina de algarrobo, variando sus proporciones, como así también incorporar el uso de otros ligantes como el mucílago de cactus que han dado resultados en otros casos (Martínez Carricondo et al., 2022). Por último, creemos que es fundamental incrementar la cantidad de cromógeno en las recetas replicadas para evaluar con mayor certeza las tonalidades producidas y descartar que los resultados obtenidos sean dependientes de la proporción utilizada. Recordamos que la relaciones entre ingredientes en cada receta fueron sugeridas por las artesanas, quienes generalmente incorporan el pigmento en una proporción reducida (menor al 20%) respecto de la arcilla. Sin embargo, esto podría deberse a que actualmente utilizan óxidos comerciales cuyo poder de tinte es mucho más intenso que el de los pigmentos locales que empleamos en estas recetas.

Este trabajo abre nuevos interrogantes para seguir avanzando en la articulación de los estudios actualísticos con los análisis arqueométricos. Esto nos permitirá comenzar a acercarnos a los profundos saberes que los y las alfareros/as de la región desplegaron a través del tiempo, materializados en cada una de las piezas y fragmentos que estudiamos, en sus formas, sus pastas, sus diseños y también en sus colores.

Agradecimientos

Las autoras agradecen profundamente a las tres alfareras consultadas Adriana Martínez, Julieta Medina y Sonia Ramil por compartir sus saberes al momento de preparar las recetas empleadas en esta experimentación. A Sonia le agradecemos, además, por abrirnos las puertas de su casa, de su horno y por ayudarnos a llevar adelante las quemadas en Fiambalá. A Verónica Puente y Lucas Pereyra Domingorena por las intensas conversaciones previas a las que se prestaron con generosidad. A Nilda Gómez de la Cantera el Barrial por facilitarnos la leña para la quema en Fiambalá y a Guillermo Villar por traernos la resina de brea a Buenos Aires durante la pandemia. A Irene Lantos por brindarnos la resina de algarrobo. A Cristian Oubiña por la operación del equipo de Difracción de

rayos X en la CNEA. A lo/as evaluadores anónimos por todos sus observaciones y sugerencias constructivas que contribuyeron a enriquecer y ajustar nuestra agenda de trabajo futuro.

Bibliografía

- Acevedo, V. J., López, M. A., Freire Espeleta, E., Halac, E. B. y Polla, G. I. (2015). Caracterización arqueométrica de pigmentos color negro de material cerámico de la Quebrada de Humahuaca, Jujuy, Argentina. Universidad de Tarapacá. Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas. Departamento de Antropología. *Chungará (Arica)*, 47(2-6): 229-238. <http://hdl.handle.net/11336/112450>
- Ávila, F. (2011). Arqueología Policroma: el uso y la elección del color en expresiones plásticas. *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino*, 16(2): 75-88. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-68942011000200007>
- Baena Preysler J. (1997). Arqueología Experimental algo más que un juego. *Boletín de Arqueología Experimental*, 1: 3-5. Madrid. <http://hdl.handle.net/10486/672066>
- Balesta, B. y Zagorodny, N. (1998). Contribución al conocimiento arqueológico a través del análisis de colecciones museológicas. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*. 8, 235. <https://doi.org/10.11606/issn.2448-1750.revmae.1998.109545>
- Balesta, B. y Zagorodny, N. (2002). La restauración alfarera en la funebria arqueológica observación y estudios experimentales sobre la Colección Muñiz Barreto. *Bulletin de l'Institut francais d'études Andins*. 31(2), 373-395. <https://doi.org/10.4000/bifea.6855>
- Balesta, B., Zagorodny, N. y Valencia, M. (2008). Evidencias de estandarización en la manufactura de cuencos de La Aguada Orilla Norte (Argentina). *Estudios atacameños*, 79-98. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-10432009000100006>
- Basile, M. (2013). Las manifestaciones plásticas de la región de Fiambalá: cambios y continuidades entre los siglos V al XV. En N. Ratto (comp.) *Delineando prácticas de la gente del pasado: Los procesos socio-históricos del oeste catamarqueño*. Sociedad Argentina de Antropología. Buenos Aires, (pp. 177-250).
- Basile, M., Reinoso, M., Halac, E. y Ratto, N. (2019). Lenguajes visuales y pigmentos: el conjunto

- del entierro LP-II (Las Papas, Depto. Tinogasta, Catamarca, Argentina). *Trabajo presentado en el #4 JONICER*, Rosario. <http://hdl.handle.net/11336/154022>
- Bugliani, M., Di Lello, C., Freire, E., Polla, G., Petragalli, A., Reinoso, M., y Halac, E. (2012). The use of Raman spectroscopy, X-Ray diffraction and electron microscopy in the analysis of pigments from Vaquerias ceramics. *Boletín Del Museo Chileno De Arte Precolombino*. 17, 65-74. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-68942012000200006>
- Centeno, S. A., Williams, V. I., Little, N. C., y Speakman, R. J. (2012). Characterization of surface decorations in Prehispanic archaeological ceramics by Raman spectroscopy, FTIR, XRD and XRF. *Vib. Spect* 58, 119–124. <https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2011.11.004>
- Cremonte, M. B. (1996). "Ollera de Charabozo". *Kiwicha. Revista Cultural de la Quebrada y Puna*, 2(9), 13-17.
- Cremonte, M., Baldini, M. y Botto, I. (2003). Pastas y colores: Un camino al conocimiento del estilo Portezuelo de Aguada. *Intersecciones en antropología*. 4, 3-17. <https://www.riadaa.unicen.edu.ar/handle/123456789/838>
- De la Fuente, G. y Martínez, J. (2008). Estudiando pinturas en cerámicas arqueológicas "Aguada Portezuelo" (ca. 600-900 AD) del Noroeste Argentino: nuevos aportes a través de una aproximación arqueométrica por microespectroscopía de Raman (MSR). *Intersecciones en Antropología*, 9, 173-186.
- De La Fuente, G. A. y Pérez Martínez, J. M. (2019). Ancient potters, paintings and craft specialization in Northwestern Argentine region: new data through Raman characterization of pre- and post-firing ceramic paintings on Aguada Portezuelo Ceramics from Middle Period (Catamarca, Argentina) *Archaeological and Anthropological Sciences*; 11, 2293 –2308. <http://hdl.handle.net/11336/175925>
- De La Fuente, G. A., Basile, M., Desimone, M., Rasmussen, K., Martínez Carricondo, M., Rozas, G., Vera, S., Tomba, J. y Crespo, E. (2023). *The use and production of black mn-based pigments for painting late (c. 900-1450) and inca (c. 1450-1600) periods ceramic vessels in northwestern argentina: a multianalytical approach using μRAMAN*, FT-IR, and XRD. Ms.
- Escardino A., García-Ten, J. y Soriano, M. (2006). Estudio de la descomposición de la calcita durante la cocción de los azulejos. *Qualicer*, 1, 275-290. <http://www.tdx.cat/TDX-0908108-120609>
- Feely, A. (2010). *Estilos tecnológicos y tradiciones cerámicas del Bolsón de Fiambalá (Dpto. Tinogasta, Catamarca)*. [Tesis para optar al grado de Doctor de la Facultad Filosofía y Letras, UBA]. <http://repositorio.filo.uba.ar/handle/filodigital/1303>
- Fiore, D. (2006). La manipulación de pinturas corporales como factor de división social en los pueblos Selk'nam y Yámana (Tierra del Fuego). *Estudios Atacameños*, 31, 129-142. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-10432006000100009>
- Frère, M. M., González de Bonaveri, M. I. y Francese, A. (2004). Experimentación y diseño decorativo: primeros ensayos. En C. Gradín y F. Oliva (eds.) *La región Pampeana su pasado arqueológico* (pp. 115-12) Laborde editor, Rosario.
- Freire, E., Halac, E., Polla, G., Reinoso, M., Basile, M. y Ratto, N. (2018). Análisis de rellenos en surcos incisos y excisos en pucos de Fiambalá (Catamarca, Argentina). *Intersecciones en Antropología* 19, 17-24. <https://www.redalyc.org/journal/1795/179559026004/>
- García, L. C. (1993). Experimentación en Inca Cueva: arcillas, fogones y combustibles. *Arqueología* 3, 69-91.
- Garrett, K. (2007). Contribución de los estudios experimentales al conocimiento de las tecnologías cerámicas prehispánicas del sector oriental de la provincia de Jujuy. En M. B. Cremonte y N. Ratto (eds.) *Cerámicas arqueológicas. Perspectivas arqueométricas para su análisis e interpretación* (pp. 187-196) Ediunju, San Salvador de Jujuy.
- González Bonorino, F. (1972). Fiambalá. Hoja 13c. *Informe Técnico*. Servicio Geológico Minero Argentino.
- Gosselain, O. (1998). Social and Technical Identity in a Clay Crystal Ball. *The Archaeology of Social Boundaries*, ed. por M. T. Stark (pp. 78-106) Smithsonian Institution Press: Washington. <https://www.jstor.org/stable/41053198>
- Gosselain, O. (2000). Materializing Identities: An African Perspective. *Journal of Archaeological Method and Theory* 7(3), 187-217. <https://www.jstor.org/stable/20177420>
- Hosler, D. (1996). Technical choice, social categories and meaning among the Andean potters of Las

- Animas. *Journal of Material Culture* 1(1), 63-92. <https://doi.org/10.1177/135918359600100104>
- Martínez Carricondo, M., Fuente, G., Nazar, D. y Rozas, G. (2022). Jugando con colores y pigmentos: una aproximación experimental y arqueométrica a la alfarería Portezuelo (ca. 600-900 d.C.) (Catamarca, Argentina). *Revista del Museo de Antropología*, 15, 63-80. <https://doi.org/10.31048/1852.4826.v15.n3.38247>
- Martínez Carricondo, M., De La Fuente, G. A., Vera, S. y Nazar, D. (2021). Chaînes Opèratoires y Tecnología Cerámica en Aguada Portezuelo: Una Mirada Íntima a los Procesos de Elaboración y Decoración de la Alfarería (Catamarca, Noroeste Argentino). *Boletín de la Sociedad Chilena de Arqueología*, 15(3), 63-80. <http://hdl.handle.net/11336/184542>
- Marshall, C. P., Dufresne W. J. B. y Carson J. R. (2020). Polarized Raman spectra of hematite and assignment of external modes. *Journal of Raman Spectroscopy*, 51, 1522-1529. <https://doi.org/10.1002/jrs.5824>
- Morgado, A. y Baena Preysler J. (2011). Experimentación, Arqueología experimental y experiencia del pasado en la Arqueología actual. En A. Morgado, J. Baena Preysler, D. García González (eds.) *La investigación experimental aplicada a la Arqueología* (pp. 21-28) Universidad de Granada: España.
- Munsell® Color Company -XRite. (1994). *Munsell Soil Color Charts (Revised Edition)*.
- Ottalagano, F. V. (2010). Decoración experimental de cerámica aplicada al estudio de las técnicas incisas del área del Paraná. *Intersecciones en Antropología*, 11(2), 237-247. <https://www.riadaa.unicen.edu.ar/handle/123456789/1130>
- Palamarczuk, V. (2004). Cocción experimental de cerámica con estiércol de llama. *Intersecciones en Antropología*, 5, 119-127. <https://www.riadaa.unicen.edu.ar/handle/123456789/886>
- Páez, M. y Giovanetti, M. (2010). Material piroclástico en vasijas arqueológicas: replicación y experimentación en la búsqueda de caracterizar la cerámica de tiempos inka en el noroeste argentino. *Boletín De Arqueología Experimental*, 8, 62-71. <https://doi.org/10.15366/baexuam2010.8.006>
- Pereyra Domingorena, L. (2013). Cerámica experimental con materias primas del sur de los Valles Calchaquíes (noroeste argentino). Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Sociales. *Intersecciones en Antropología*, 14(1-6), 239-250. <http://hdl.handle.net/11336/27779>
- Pérez, M. I., Grant, J., Killian Galván, V. y Umaño, M. (2020). La arqueología y su aporte a los procesos sociales comunitarios. El caso del turismo en Antofagasta de la Sierra (puna meridional argentina). *Práctica arqueológica*, 3, 100-112. <https://plarci.org/index.php/practica-arqueologica/article/view/777>
- Puente V. (2011). Entre categorías teóricas y evidencia empírica. La organización de la producción alfarera en el área valliserrana del noroeste argentino durante el tardío prehispánico. *Revista Werkén*, Santiago de Chile, 14, 119-136.
- Puente, V., Desimone, P. M., Tomba, J. P. y Porto López, J. M. (2017). Compositional variability of pigments of Belén-style prehispanic ceramics from El Bolsón Valley, Catamarca Province, Argentina. *Journal of Archaeological Science*, Amsterdam, 12, 553-560. <http://hdl.handle.net/11336/30625>
- Puente, V., López, J., Desimone, M. y Botta, P. (2019). The Persistence of the Black Colour in Magnetite-Based Pigments in Prehispanic Ceramics of the Argentine North-West. *Archaeometry*, 61, 10-1111. <http://hdl.handle.net/11336/178517>
- Ratto, N. (2006). *Paisajes y rutas prehispánicas, históricas y tradicionales que integraron el valle de Fiambalá y la puna meridional catamarqueña (Tinogasta, Catamarca)*. Informe Final. Proyecto 6123 CFI y Secretaría de Turismo de la Provincia de Catamarca, Buenos Aires. Ms.
- Ratto, N., Orgaz, M. y Plá, R. (2002). Producción y distribución de bienes cerámicos durante la ocupación Inka entre la región Puneña de Chaschuil y el Valle de Abaucán (Dpto. Tinogasta, Catamarca). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 27, 271-301. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/25002>
- Ratto, N., Orgaz, M. y Plá, R. (2004). La Explotación del Alfar de La Troya en el Tiempo: Casualidad o Memoria (Departamento Tinogasta, Catamarca Argentina). *Chungara*, 36(2), 351-368. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-73562004000200009>
- Ratto, N., Feely, A. y Basile, M. (2007). Coexistencia de diseños tecno-estilísticos en el Período Tardío Preincaico: el caso del entierro en urna del bebé de La Troya (Tinogasta, Catamarca,

- Argentina). *Intersecciones en Antropología* 8, 69-86. <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/handle/123456789/976>
- Ratto, N., Plá, R., Feely, A. y Orgaz, M. (2009). Integración del bolsón de Fiambalá y la puna de Chaschuil (Departamento Tinogasta, Catamarca): aprovisionamiento de materias primas, producción y distribución de bienes cerámicos durante la etapa Formativa e Inca. En: N. Ratto (comp.) *Entrelazando Ciencias: Sociedad y ambiente antes de la conquista española*. EUDEBA: Buenos Aires (pp. 175-206).
- Ratto, N., Feely, A. y Plá, R. (2013). Vasijas y barro: una aproximación a la producción, distribución y consumo en el oeste tinogasteño, siglos I a XIII. En N. Ratto (eds.) *Delineando prácticas de la gente del pasado: Los procesos socio-históricos del oeste catamarqueño*. Sociedad Argentina de Antropología: Buenos Aires (pp. 135-162).
- Ratto, N., Basile, M., Feely, A., Lantos, I., Coll, L., Carniglia, D. y Miyano, J. (2015). La gente y sus prácticas en las tierras bajas y altas del oeste tinogasteño en los siglos I a XIII D.C. (Catamarca, Argentina). En A. Korstanje, M. Lazzari, M. Basile, M. F. Bugliani, V. Lema, L. Pereyra Domingorena y M. Quesada (eds.), *Crónicas materiales precolombinas. Arqueología de los primeros poblados del Noroeste Argentino* (pp. 215-245). Publicaciones de la Sociedad Argentina de Antropología: Buenos Aires.
- Ratto, N., Freire, E., Polla, G., Reinoso, M., Basile, M. y Halac, E. (2016). Diálogo interdisciplinario para el estudio de pigmentos en conjuntos cerámicos del oeste del Departamento de Tinogasta, Catamarca. *Ponencia presentada en el XIX Congreso Nacional de Arqueología Argentina*, San Miguel de Tucumán. Ms.
- Ratto, N. y Feely, A. (2020). Un barreal con 2000 años de historia: La Troya, departamento Tinogasta, Catamarca. *Revista del Museo de Antropología*, 13, 65-78. <https://doi.org/10.31048/1852.4826.v13.n3>
- Ratto, N., Reinoso, M., Basile, M., Freire, E. y Halac, B. (2020). Archaeological characterization of pigments and painting on prehispanic pottery from the regions of Fiambalá and Chaschuil (Catamarca, Argentina), *Archaeometry*, 62(6), 1216-1234. doi:10.1111/arcm.12591.
- Rubiolo, D., Pereyra, F., Martínez, L., Seggiaro, R., Hongn, F., Fernández Seveso, F. y González Díaz, E. (2003). *Hoja Geológica 2769- IV Fiambalá*. Informe Técnico. Servicio Geológico Minero Argentino.
- Salerno, V., Estruch, D. y Staffora, V. (2022). "Cocinando" un proyecto de extensión universitaria en clave audiovisual y museográfica. Diálogos entre saberes "locales" y "académicos" en torno a la cerámica de la Microrregión del Salado. *Redes. Revista de Extensión*.
- Sepúlveda, M. (2021). Colores del desierto de Atacama a través de la colección Aníbal Echeverría y Reyes del Museo Nacional de Historia Natural de Santiago. *Proyecto Bajo la Lupa, Servicio Nacional del Patrimonio Cultural SNPC* (pp. 89-114).
- Solá, P., Yacobaccio, H. D., Rosenbusch, M., Alonso, M. S., Maier, M. S., Vázquez, C. y Catá, M. P. (2013). Hematita vs. arcillas: su potencial como pigmentos rojos y su uso en tres sitios de la Puna jujeña (Argentina). *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino*, 18 (1), 67-83.
- Wachsman, N., Callegari, A., Acha, S., y Soto, D. (2020). Está que arde. Hornos de cocción cerámica del sitio La Cuestecilla, La Rioja. Análisis de las tecnologías de cocción. *Arqueología*, 26, 57-85. <https://doi.org/10.34096/arqueologia.t26.n1.5946>
- Wachsman, N. (2022). Donde hubo fuego... réplica y ensayos experimentales con un horno cerámico del sitio La Cuestecilla, La Rioja: una propuesta metodológica. *Boletín de Arqueología Experimental* 1, 84-119. <https://doi.org/10.15366/baexuam2022.15.004>