



Jugando con colores y pigmentos: una aproximación experimental y arqueométrica a la alfarería Portezuelo (ca. 600-900 d.C.) (Catamarca, Argentina)

Playing with colors and pigments: an experimental and archaeometric approach to the Portezuelo pottery (ca. 600-900 d.C.) (Catamarca, Argentina)

Marina Gala Martínez Carricondo¹, Guillermo Adrián De La Fuente², Domingo Carlos Nazar³ y Guillermo Rozas⁴

¹ Laboratorio de Petrología y conservación cerámica, Escuela de Arqueología, Universidad Nacional de Catamarca- CONICET, IRES. Email: martinezcarricondo.m@gmail.com

² Laboratorio de Petrología y conservación cerámica, Escuela de Arqueología, Universidad Nacional de Catamarca – CONICET, IRES, Catamarca. Email: guillermodelafuente@unca.edu.ar

³ Escuela de Arqueología, Universidad Nacional de Catamarca. Email: dcnazar@hotmail.com

⁴ Laboratorio de Fotónica y Optoelectrónica, CNEA-CONICET, Centro Atómico Bariloche (CAB). Email: [grozas@comahue-conicet.gob.ar](mailto:groz@comahue-conicet.gob.ar)

Resumen

La alfarería Aguada Portezuelo del Noroeste Argentino (ca. 600-900 d.C.) presenta una gran complejidad en sus intervenciones plásticas siendo su marcada policromía uno de sus aspectos más llamativos. La utilización de una multiplicidad de pigmentos por parte de los alfareros antiguos para obtener los diferentes colores hace necesario un mejor entendimiento de las cadenas operativas involucradas en el manejo de estos. En este trabajo presentamos los resultados obtenidos a partir de la investigación centrada en una serie de experimentaciones con briquetas cerámicas, su decoración con diferentes pigmentos naturales y su posterior cocción en distintas atmósferas y temperaturas. Asimismo, se presentan algunos datos arqueométricos obtenidos en relación con la obtención de diferentes colores.

Palabras clave: Pigmentos; Arqueometría; Cerámica Aguada Portezuelo; Experimentación; Valle de Catamarca.

Abstract

Aguada Portezuelo pottery from Northwest Argentina (ca. 600-900 AD) presents a great complexity in its plastic interventions, its marked polychromy being one of its most fascinating aspects. The use of a multiplicity of pigments by ancient potters to obtain different colors requires a better understanding of the operational chains involved in handling them. In this paper, we present the results obtained through the research focused on a series of experiments with ceramic briquettes, their decoration with different natural pigments, and their subsequent firing in different atmospheres and temperatures. Additionally, some archaeometric data in relation to obtaining different colors are presented.

Keywords: Pigments; Archaeometry; Aguada Portezuelo pottery; Experimentation; Catamarca Valley.

Introducción

La cerámica Aguada Portezuelo es conocida por su marcada policromía, con el uso de por lo menos siete colores combinados de formas diferentes en cada pieza; además de por su fina elaboración, evidenciada en el espesor de las paredes de las vasijas, los complejos procesos de cocción implicados, así como también en la delicadeza con la que los motivos fueron plasmados; y por la manera particular en la que los elementos plásticos se ubican en el espacio, a la vez de reinterpretarlos y generar nuevas maneras de representar al felino y las figuras humanas, siendo estos dos motivos centrales en

la iconografía Aguada (Lafone Quevedo, 1892; Kusch, 1996-1997; Baldini et al., 2005; Cremonte et al., 2003; 2004; De La Fuente et al., 2005; 2020; De La Fuente y Pérez Martínez, 2008, 2018; Nazar y De La Fuente, 2016).

Esta complejidad en las intervenciones plásticas no está dada solo a nivel macroscópico, sino que además tiene correlación en cuanto al uso de los minerales generadores del color para cada motivo, así como también en el uso de la técnica del grafitado que se encuentra presente en el interior de gran parte de las vasijas (De La Fuente y Pérez Martínez, 2008). En este sentido, merece la pena destacar que se utilizaron cromóforos diferentes para la

Recibido 07-07-2022. Recibido con correcciones 12-10-2022. Aceptado 31-10-2022



obtención de un mismo color, tal es el caso del negro, para el que se usaron óxidos de manganeso, de hierro y carbón vegetal. Por otra parte, se usó la tungstita, un mineral del que no se tiene evidencia de uso para otras alfarerías prehispánicas en todo el continente americano, para lograr los colores amarillos, también únicos en las cerámicas prehispánicas a nivel local, regional y macro-regional (De La Fuente y Pérez Martínez, 2008). Teniendo en cuenta esas particularidades, así como también las interrogantes sin resolver que dejan las investigaciones que ya han sido llevadas a cabo (por ej. reacción de pigmentos a diferentes temperaturas, mezclas de diferentes pigmentos, incidencia de la arcilla en las recetas, etc.), el objetivo general de este trabajo es profundizar en el conocimiento que poseemos sobre la preparación de pinturas que da como resultado la policromía de la alfarería Aguada Portezuelo a través de la realización de experimentaciones con los cromóforos, los colores, las temperaturas y los tiempos de cocción como variables controladas.

Antecedentes: Aguada Portezuelo a través del tiempo

El estilo Portezuelo debe su nombre a la presencia de fragmentos de esta alfarería en la localidad de El Portezuelo (Valle Viejo, Catamarca). Su distribución geográfica está definida dentro del Valle de Catamarca y el oriente de la Sierra de Ancasti, aunque se hallan fragmentos en las cercanías de Andalgalá, en el occidente de Ambato y en el norte de La Rioja. Los primeros materiales fueron dados a conocer por Lafone Quevedo, en su trabajo de 1892. En él brinda una descripción detallada de los fragmentos, junto con fotografías de estos. Infiere la posible forma de las vasijas y hace referencia a los colores empleados (ante, rojo, encarnado, negro) y los motivos. Así mismo, enfatiza en que es un grupo de tuestos producto de un trabajo muy fino y bien realizado.

Más tarde, en 1958, Serrano define este estilo como "Huillapima fondo crema", diferenciándolo de los otros estilos Aguada. En la década del 70, Barrionuevo señala la presencia de este estilo en Nanahuasi, Ancasti, Catamarca (Barrionuevo, 1972). Un año más tarde Petek y colaboradores realizaron excavaciones en la localidad de El Portezuelo, recuperando una gran cantidad de fragmentos (Petek et al., 1972). Nazar (1983) recolectó alfarería Portezuelo en prospecciones realizadas en la cuenca superior del río Albigasta (Nazar, 2003). En la década del 90, Haber detectó nuevos sitios arqueológicos con este material en superficie en la localidad de Miraflores, Capayán, Catamarca (Haber, 1992). Algunos años más tarde, Kriscautzky y Togo (1996) encontraron sitios arqueológicos dentro del valle de Catamarca, en donde aparece material Portezuelo en superficie. Un año después se encontró material Portezuelo en excavaciones, lo que brindó información acerca de su ubicación estratigráfica, materiales asociados y

fechados radiocarbónicos, que ubicaron a Aguada Portezuelo en la fase final de Aguada. En este caso, el sitio excavado fue Choya 68, ubicado en la localidad de Choya (Capayán, Catamarca); al que se le adscribió una función ceremonial, recuperándose material cerámico tanto en el montículo ceremonial como en los recintos habitacionales adyacentes (ver González, 1997; Baldini et al., 2005; Cremonte et al., 2003, para una descripción pormenorizada).

En 1996-97 Kusch analizó los patrones de los motivos y la variabilidad estilística dentro del estilo Portezuelo. Definió tres modalidades de acuerdo con la orientación de cada registro de motivos y cuatro patrones estructurales (Kusch, 1994; en Kusch, 1996-97). Afirma que el estilo Aguada Portezuelo es el que presenta un mayor grado de homogeneidad a nivel formal y estilístico y propuso que sus variantes responderían a un uso diferencial de los objetos que estaría determinado por el referente figurativo que porta y la estructura/ patrón que lo rige (Kusch 1996-97).

En el año 2000, Kriscautzky y Lomaglio realizaron una descripción de sitios con material Portezuelo y obtuvieron los primeros fechados radiocarbónicos para este estilo en el valle de Catamarca. Se realizaron dataciones en tres sitios, obteniéndose los siguientes resultados: sitio Club Banco (Fray Mamerto Esquiú): 1100 ± 50 AP (LP1089, carbón, $899 - 1027$ 1σ cal D.C.); sitio El Calvario (Capital): 1060 ± 60 AP (LP1092, carbón, $987 - 1147$ 1σ cal D.C.); sitio Peschiutta (Capital): 1680 ± 60 AP (LP400, carbón, $344 - 523$ 1σ cal D.C.). Sobre esta base, los autores reafirman su hipótesis de que en el Valle Central Aguada perduró hasta los momentos en donde en otros sectores se desarrollaban los estilos del tardío (Kriscautzky y Lomaglio, 2000).

Otro trabajo que ahonda sobre este aspecto fue presentado por Nazar (2010) a partir de fragmentos recuperados en sondeos de rescate realizados en el sitio La Viñita (Valle de Catamarca). En el mismo se dan especificaciones de los espesores de las vasijas Portezuelo, así como también de las intervenciones plásticas, tanto en motivos y colores como su distribución. Además, el autor propone que las piezas fueron cocidas en atmósferas oxidantes en el exterior y reductoras en el interior. Sobre esta base, Nazar propone que el sitio La Viñita sería un lugar de producción de bienes finos (cerámicas y metales). En cuanto a las formas, recientemente se han identificado: 1) pucos de perfil compuesto de bordes altos; 2) pucos troncocónicos; 3) vasijas de cuerpo globular y cuello cilíndrico; y 4) vasijas de perfil compuesto (Nazar y De La Fuente, 2016).

Por otra parte, diferentes autores han realizado análisis composicionales de los pigmentos utilizados para policromar la cerámica Portezuelo (Cremonte et al., 2003; 2004; Baldini et al., 2005; De La Fuente et al., 2005;

Color	Musell	Cromóforo	Técnica Analítica	Procedencia Materiales	Referencia Bibliográfica
Rojo	2.5YR 5/6 5YR 4/4	Hematita	Microespectroscopía Raman	Valle de Catamarca Colección Marengo-Petek	De La Fuente y Pérez Martínez, 2008, 2018
Borravino	10R 4/3	Hematita Hematita + Óxidos de Manganeseo	MEB-EDS	Valle de Catamarca Colección Marengo-Petek	De La Fuente et al., 2005
Negro	10YR 3/1 2.5Y 3/1	Magnetita Óxidos de Manganeseo (pirolusita, psilomelano, perovskita, etc)	DRX; SEM-EDS Microespectroscopía Raman	Valle de Catamarca y Ambato Colección Marengo-Petek sitio La Viñita	Bertolino et al., 2008 De La Fuente y Pérez Martínez, 2018
Negro grafitado	4/N	Carbón vegetal	Microespectroscopía Raman	Valle de Catamarca y Ambato Colección Marengo-Petek sitio La Viñita	De La Fuente y Pérez Martínez, 2008, 2018
Marrón (ocres)	7.5YR 5/4	Arcilla con concentración moderada de hierro	MEB-EDS; PIXE	Valle de Catamarca Colección Marengo-Petek	De La Fuente et al., 2005 De La Fuente et al., 2020
Blanco	2.5Y 8/2 2.5Y 8/1	Cal Calcita Dióxido de titanio Yeso Hidroxiapatita Anatasa Gelenita	DRX; SEM; EDAX; IR DRX; SEM-EDS MEB-EDS Microespectroscopía Raman	Valle de Catamarca y Ambato Colección Marengo-Petek sitio La Viñita sitio Choya 68	Cremonte et al., 2003 Bertolino et al., 2008 De La Fuente y Pérez Martínez, 2008 De La Fuente et al., 2020
Amarillo	7.5YR 6/6	gehelenita	Microespectroscopía Raman	Valle de Catamarca Colección Marengo-Petek	De La Fuente y Pérez Martínez, 2008
Lila	7.5P 8/4	¿Óxidos de manganeseo?	Microespectroscopía Raman	Valle de Catamarca sitio La Viñita	Martinez Carricondo, 2021

Tabla 1. Cromóforos y su origen identificados en trabajos previos discriminados por color, técnica analítica y procedencia de los materiales.

Table 1. Chromophores and its origin identified in previous researches, discriminates by colour, analytical technique and provenance of materials.

Bertolino et al., 2008; De La Fuente y Pérez Martínez, 2008, 2018; De La Fuente et al., 2020). La Tabla 1 resume los cromóforos (pigmentos) identificados en cada uno de los casos y las técnicas analíticas utilizadas.

Pigmentos, colores y recetas: breve revisión histórica

En lo que se refiere a los estudios en pigmentos arqueológicos, la primera técnica que se utilizó fue la difracción por rayos X, la que permite conocer los componentes cristalinos que actúan como cromóforos y/o aditivos de la fracción inorgánica de los pigmentos (López et al., 2012). A partir de 1970 se sumaron análisis con MEB-EDS, FT-IR, XPS y RS, que permiten identificar los componentes inorgánicos presentes posibilitando saber qué tipo de cromóforos minerales se utilizaron en las mezclas pigmentarias (De La Fuente et al., 2012; en López, 2012). A continuación, presentamos un breve recorrido por investigaciones de carácter internacional y nacional a fines de ilustrar las diferentes problemáticas arqueológicas en las que se utiliza el análisis de pigmentos para brindar respuestas.

Pigmentos cerámicos pre-cocción

Colores rojos, rojizos y ocres

Las hematitas han sido utilizadas para generar los colores o *hues* rojos a lo largo del tiempo y el espacio (entendiendo los *hues* como la posición del color en el espectro, ver debajo) (Bersani y Lottici, 2016). En este sentido, mediante diferentes técnicas analíticas, se han identificado hematitas como responsable de los *hues* rojos en Sevilla, España (González Vilches et al., 1988), en Brasil (Ali et al., 2017) y en Argentina (Ali et al., 2017; Marte et al., 2012; Centeno et al., 2012; Puente et al., 2017; Acevedo et al., 2015; Palamarckzuk et al., 2020; Tomasini et al., 2020; Ratto et al., 2020). Las cerámicas Portezuelo no son una excepción en cuanto a la preparación de sus pinturas rojas, De La Fuente y Pérez Martínez (2008, 2018) identificaron hematitas como cromóforos rojos utilizando microespectroscopía Raman.

Colores negros

Una situación distinta a la expuesta anteriormente se

plantea para la consecución de los *hues* negros, en sus diferentes intensidades. En este caso, se pueden seguir recetas distintas, con una variedad de cromóforos, para lograr un resultado final similar. Otro punto para tener en cuenta es que los *hues* negros pueden generarse a través de minerales colorantes y también a partir de la quema de elementos orgánicos.

En cuanto al uso de elementos inorgánicos como cromóforos, se ha detectado el uso de manganeseo (Mn) para cerámica de Sevilla, España (González Vilches et al., 1988), en vasijas estilo Vaquerías (Catamarca, Argentina; Bugliani et al., 2012) y en cerámica Aguada Meridional (Catamarca, Argentina; Acevedo et al., 2015; Ratto et al., 2020). Por otro lado se ha identificado magnetita como mineral colorante en cerámicas de suroeste de Estados Unidos (van der Weerd et al., 2004); en cerámica negro sobre rojo de la Quebrada de Humahuaca (Acevedo et al., 2012; 2015); en alfarería de estilo Belén procedente del valle del Bolsón, Catamarca, Argentina (Puente et al., 2017); y en cerámica Aguada Meridional (*sensu* González, 1992), aunque en este caso se trata de un engobe compuesto no solo por magnetita sino también por ilmenita, grafito y hausmanita (Acevedo et al., 2015; Ratto et al., 2020).

Por otra parte, se ha encontrado carbón de origen vegetal utilizado como elemento colorante en cerámicas negro sobre blanco del suroeste de Estados Unidos (van der Weerd et al., 2004), siendo esta la primera vez que se reconoce un cromóforo orgánico en vasijas arqueológicas. Además, el carbón aparece en alfarería Tupi Guaraní del sitio Caxambu do Sul, Estado de Santa Catarina, Brasil (Ali et al., 2017); en forma de carbón microcristalino en cerámica negro sobre rojo de la Quebrada de Humahuaca (Acevedo et al., 2012; 2015); en vasijas incaicas de los sitios Tolombón y Angastaco (Catamarca, Argentina) (Centeno et al., 2012); en tiestos estilo Belén del valle del Bolsón, donde además del carbón se encontró hueso calcinado utilizado como generador de color negro, siendo esta la primera vez que se identifica un material orgánico diferente al carbón vegetal empleado para cromar cerámicas (Puente et al., 2017); y en estilo

Meridional de Aguada, donde aparece junto a otros tonos de negro logrados a partir de cromóforos minerales (Acevedo et al., 2015).

Colores blancos

Para obtener colores blancos en las alfarerías se proponen varias recetas, en las que los/as alfareros/as utilizarían principalmente arcilla blanca (p. e. Bersani y Lottici, 2016; Centeno et al., 2012; Ali et al., 2017), compuestos de titanio (p. e. Bersani y Lottici, 2016; Freire et al., 2016); calcio y calcio-magnesio (Freire et al., 2016) e hidroxiapatita (Cremonte et al., 2003; Freire et al., 2016; Marte et al., 2012).

Para Aguada Portezuelo se han detectado diferentes minerales cromóforos para los engobes blancos, entre los que se encuentran yeso, hidroxiapatita, cal, calcita y dióxido de titanio, aunque este último en la mayoría de los casos ha sido considerado como de origen post-depositacional contenido en las arcillas utilizadas en la preparación de los engobes (Bertolino et al., 2008; Cremonte et al., 2003; De La Fuente y Pérez Martínez, 2008; 2018; Martínez Carricondo, 2021).

Experimentación

La experimentación es una metodología adoptada por la arqueología a partir de la segunda mitad del siglo XX con el fin de poner a prueba hipótesis inferidas a partir de los materiales arqueológicos, aunque también es utilizada para generar nuevas hipótesis a medida que se realizan los experimentos, y tiene como objetivo principal reproducir fenómenos en condiciones en que las diferentes variables estén controladas (Morgado, García y Baena, 2011). Uno de los puntos más interesantes y útiles de esta metodología es la posibilidad de repetición de la experimentación, pudiendo además modificar una o más variantes para así obtener repetidas veces el mismo resultado y reafirmarlo, o bien obtener resultados diferentes y poder registrar variaciones de acuerdo con la modificación de determinadas variantes (Morgado y Baena, 2011).

Hay dos formas de llevar a cabo las experimentaciones: a) en condiciones de laboratorio: se controlan todas las variables del fenómeno; y b) de forma "integral": se pretenden imitar las condiciones de producción del objeto tal como se hicieron en el pasado, incluyendo materiales y técnicas, y teniendo en cuenta las limitaciones del registro fragmentario con el que contamos y las limitaciones técnicas, productivas y de materiales del presente (Morgado y Baena, 2011). En nuestro caso realizamos este tipo de experimentaciones.

A su vez, la experimentación en arqueología puede realizarse en diferentes áreas o temas: 1) experimentos en la formación del registro arqueológico y la tafonomía; y 2) experimentos sobre la realidad sociocultural del

pasado. Este segundo grupo puede ser subdividido en: (a) experimentos sobre las propiedades y comportamientos físico-químicos de la materia prima de los objetos arqueológicos; (b) experimentos sobre la tecnología y los procesos técnicos; y (c) experimentos sobre los modos de vida (Morgado y Baena, 2011). Los trabajos experimentales de los que damos cuenta en el presente artículo podrían ser enmarcados en el grupo "2", subgrupos "a" y "b".

Materiales y Métodos

La muestra

Los materiales analizados pertenecen a 5 grupos: a) briquetas experimentales (N=46), b) cromóforos minerales (N=15), (c) cromóforos orgánicos (N=1), (d) ligantes orgánicos (1), y (d) combustibles (N=4). En base a los resultados obtenidos en estudios previos realizados a través de la aplicación de microespectroscopía Raman a diferentes fragmentos arqueológicos Aguada Portezuelo (De La Fuente y Pérez Martínez, 2008, 2018) se realizaron y analizaron un total de 46 briquetas, siguiendo un diseño experimental general (ver debajo), en las que se aplicaron pinturas y engobes pre-cocción siguiendo diferentes recetas. Las etapas experimentales de realización, los materiales empleados y las recetas aplicadas se desarrollan más adelante (ver Diseño experimental: métodos, protocolo y materiales).

Por otro lado, las materias primas minerales utilizadas como cromóforos (N=15) fueron analizadas por microespectrometría Raman con el fin de obtener su caracterización mineralógica. Esto se debe a que si bien muchos de ellos fueron comprados en locales comerciales (N=8) no podemos estar completamente seguros de que tenemos los minerales que queremos y necesitamos. En cuanto a aquellos elementos que fueron recolectados en el campo (N= 8), siempre existe la posibilidad de que hayamos recogido un material equivocado. La Tabla 2 presenta las materias primas utilizadas en esta experimentación y su procedencia.

Las técnicas analíticas

Para llevar a cabo el trabajo se realizaron análisis con lupa binocular (20X-40X). Así mismo se utilizó microespectroscopía Raman y FT-IR para caracterizar mineralógicamente las diferentes decoraciones policromas. Por último, se desarrollaron experimentaciones del proceso de producción cerámica. Estas técnicas se describen a continuación.

Lupa binocular

El análisis con lupa binocular es uno de los estudios sub-macroscópicos más conocidos y frecuentemente aplicados en cerámicas arqueológicas, debido a su bajo costo y a que no requiere de gran preparación técnica para su correcta aplicación (Cremonte y Bugliani, 2006-2009). Este primer acercamiento a las cerámicas nos brinda información sobre sus pastas y también sobre las posibles técnicas utilizadas

en la aplicación de los colores sobre las piezas, ya que posibilita la distinción de trazos, indicadores de que los diseños fueron pintados, a la vez de permitirnos establecer secuencias tentativas de ejecución de los diseños a través del análisis de las superposiciones (Orton et al., 1993). En nuestro caso, las muestras experimentales se analizaron con una lupa binocular de 20x – 40x, con el fin de visualizar colores y texturas. Los colores presentes fueron registrados utilizando el código Munsell correspondiente (Munsell 2000). A la vez, de acuerdo con la propuesta de Orton et al. (1993) se observó el aspecto superficial para cada *hue* identificado.

Microspectroscopía Raman

Esta técnica permite realizar una caracterización mineralógica de los materiales sin que estos tengan una preparación previa. La misma consiste en estimular las muestras con un haz láser monocromático, generando un espectro de los fotones dispersados inelásticamente por la muestra (De La Fuente y Pérez Martínez, 2008). A la vez, la caracterización mineralógica se produce en capas muy delgadas (unos pocos micrones de profundidad), lo que posibilita analizar las pinturas sin que interfiera el soporte sobre el que se encuentran.

Para estos análisis se utilizó un equipo HoribaLabRAM HR Evolution, equipado con una CCD enfriada por nitrógeno líquido. El láser empleado fue un He-Ne de 632.8nm y la potencia utilizada en cada muestra osciló entre 565 µW y 2.30 mW, de acuerdo con las necesidades de cada sector analizado. Las redes de difracción empleadas

fueron holográficas de 600 líneas/mm. Se utilizaron lentes de x10, x20 y x100 y se compararon los resultados obtenidos con cada uno, teniendo en cuenta la calidad de las fotografías obtenidas, la manejabilidad de la muestra a analizar y la calidad de los espectros. Todos los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Fotónica y Optoelectrónica del Centro Atómico Bariloche, INN, CNEA-CONICET.

Diseño experimental: métodos, protocolo y materiales

Previamente a la realización de las experimentaciones se realizaron diferentes diseños experimentales tentativos, contando con la colaboración de la alfarera Estela Moreno. Esto posibilitó, aprovechar sus conocimientos sobre la materia a fin de realizar una investigación que conjugara ambos saberes, hecho que resultó de vital importancia a la hora de reaccionar antes las situaciones inesperadas que surgieron durante el proceso experimental.

Más allá de las diferencias existentes para cada una de las cuatro quemas particulares, se utilizó el siguiente diseño general:

1. Recolección y obtención de las diferentes materias primas. A saber: a) elementos colorantes: hematita, goetita, yeso, cal, tungstita, manganeso, arcilla roja y blanca, carbón vegetal, hueso seco de ave, hueso seco y cocido de vaca, magnetita, resina de algarrobo, pastos secos; b) aglutinante: baba de cactus; c) combustibles: excremento

	Color	Color Munsell	Materias Primas	Procedencia
Cromóforos Minerales	rojo	7.5YR 3/8	hematita	comercial
	rojo	5YR 5/10	goetita	comercial
	blanco	10Y 9/2	yeso Paris	comercial
	blanco	10YR 9/2	yeso	El Aybal (Ancasti, Catamarca)
	blanco	10Y 9/2	cal	comercial
	amarillo	10Y 7/4	jarosita	Mina Los Cóndores (Concarán, San Luis)
	negro	6/N	manganeso	comercial
	negro	6/N	magnetita	comercial
	negro	6/N	carbón vegetal	comercial
	rojo	7.5R 4/10	arcilla roja	Río de la Costa (Tinogasta, Catamarca)
	blanco	10Y 8/2	arcilla blanca	comercial
	blanco	10Y 8/2	hueso vaca (<i>Bos taurus</i>)	Catamarca
	blanco	10Y 7/2	hueso de ave cocido	San Rafael, Mendoza
Cromóforos Orgánicos	negro	6/N	resina de algarrobo (<i>Prosopis nigra</i>)	Catamarca
Ligantes Orgánicos	----	----	baba de cactus (<i>Opuntia quimila</i>)	Catamarca
Combustibles	----	----	excremento de vaca (<i>Bos taurus</i>)	San Rafael, Mendoza
			excremento de llama (<i>Lama glama</i>)	Catamarca
			leña de algarrobo (<i>Prosopis nigra</i>)	Catamarca
			leña de pallet (<i>Pinus elliotis</i>)	Catamarca

Tabla 2. Materias primas utilizadas en el proceso experimental (cromóforos, ligantes y combustibles)

Table 2. Raw materials used in the experimental process (chromophores, binders and fuel).

- de vaca, excremento de llama, leña de algarrobo, madera de pallet (ver más adelante Los materiales).
2. Realización de briquetas, usando como materia prima la arcilla roja (ver más adelante Las briquetas).
3. Preparación de las mezclas colorantes de acuerdo con los datos obtenidos por análisis arqueométricos (ver más adelante Preparación de las mezclas colorantes).
4. Pintado de las muestras (el pintado se realizó con pincel de hebras vegetales).
5. Colocación de las muestras en la estructura de combustión (ver más adelante Las cocciones).
6. Cocción de las piezas en diferentes atmósferas (ver más adelante Las cocciones).
7. Documentación de los resultados obtenidos.
8. Análisis por microespectroscopía Raman de las muestras (antes y después de cada quema).
9. Registro de los datos obtenidos.

Los materiales

Para la realización de las experimentaciones se tomaron como base los datos arqueométricos producidos en investigaciones previas, así como también de nuevos análisis de microespectroscopía Raman y FT-IR realizados sobre muestras arqueológicas procedentes de de la colección Marengo-Petec y del sitio La Viñita (Catamarca, Argentina) (Bertolino et al., 2008; Cremona et al., 2003; De La Fuente y Pérez Martínez, 2008; 2018; De La Fuente et al., 2005; Martínez Carricondo, 2021).

Para llevar a cabo la experimentación se utilizaron diferentes materias primas: arcillas, minerales colorantes y elementos orgánicos, que fueron obtenidos y procesados de diferentes maneras. La base de las briquetas sobre la cual se aplicaron los colorantes fue arcilla roja procedente del Río de la Costa (Tinogasta, Catamarca) y fue analizada por FT-IR, DRX y Raman caracterizándola como del tipo illita-montmorillonita con presencia de inclusiones de cuarzo, anortita, zeolitas y hematita degradada (Acosta et al. 2021; Martínez Carricondo 2021). Se decidió utilizar esta arcilla dado que ya se había utilizado en experimentaciones anteriores y se encuentra extensamente analizada en otros trabajos (Acosta et al., 2021).

En cuanto a los cromóforos minerales, algunos de ellos fueron obtenidos en locales comerciales para ceramistas tradicionales: magnetita [$Fe_2+Fe_3+2O_4$], dióxido de titanio [TiO_2], hematita [Fe_2O_3], goetita [$Fe^{3+}O(OH)$], cal [CaO], yeso [$CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$] y óxidos de manganeso [MnO_2]; y otros fueron recolectados en el campo: yeso [$CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$], calcita [$CaCO_3$], hidroxiapatita [$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$], pigmento ocre amarillo, resina de algarrobo [*Prosopis nigri*] y carbón vegetal (ver Tabla 2). La elección y uso de algunos cromóforos minerales

comerciales por sobre los naturales respondió, por un lado, a los resultados obtenidos en análisis previos, y por otro, a la no disponibilidad natural de minerales como magnetita y manganeso. En el caso de la hematita se prefirió trabajar con un pigmento tradicionalmente utilizado por alfareros modernos, pero certificado. Los elementos orgánicos utilizados para dar color (excremento de llama [*Lama glama*] y pastos secos) se extrajeron en el campo. La baba de cactus [*Opuntia quimilo*] empleada como ligante de las mezclas colorantes procede de especímenes locales de cactus de los alrededores de la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca. Todos los cromóforos naturales fueron recolectados en la zona de Ancasti, a excepción del pigmento ocre amarillo que fue recolectado en Mina Los Cóndores, mina de wolframio, Provincia de San Luis (ver Tabla 2). La elección del pigmento ocre amarillo obedeció a que en trabajos previos los colores amarillos en la alfarería Aguada Portezuelo fueron identificados como tungstita (un óxido de wolframio hidratado) (De La Fuente y Pérez Martínez, 2008). Como se verá más adelante (sección Resultados arqueológicos experimentales) luego del análisis por Raman este pigmento amarillo resultó ser jarosita (ver Tabla 2).

Por último, los combustibles utilizados durante las quemas estuvieron compuestos por excremento de llama [*Lama glama*], excremento de vaca [*Bos taurus*] y diferentes maderas, entre las que predominó el uso de pallet [*Pinus elliotis*] y en menor medida algarrobo [*Prosopis nigri*], las cuales fueron recolectados en el campo en diferentes locaciones (ver Tabla 2 para la procedencia).

Las briquetas

En un primer momento se realizaron las briquetas experimentales, un total de 150 (de las cuales finalmente se utilizaron 46 con pintura precocción), mediante el uso de la técnica del pellizado, la cual consiste en tomar pequeños trozos de arcilla y presionarla dentro de un molde. Estas piezas tienen un tamaño de 6cm de largo por 2,5cm de ancho y se les dio un espesor promedio de 5mm. Se eligió esta técnica de elaboración para garantizar que las briquetas tuvieran el mismo tamaño y espesor, a la vez de resultar un proceso rápido de fabricación.

Preparación de las mezclas colorantes

En la elaboración de las pinturas se mezclaron los distintos componentes en partes por volumen, de acuerdo con los datos sobre la composición de las pinturas arqueológicas de la cerámica Portezuelo con los que ya contábamos de investigaciones anteriores (De La Fuente et al., 2005; De La Fuente y Pérez Martínez, 2008; 2018). Se utilizó un recipiente con un volumen total de 20 ml para cada una de las mezclas colorantes.

Con los minerales y materiales orgánicos obtenidos se prepararon una serie de mezclas colorantes con diferentes proporciones de mineral/material orgánico, arcilla y baba de cactus, con el fin de comparar los resultados en cuanto

a color y adherencia a la pieza (ver Tabla 3). Para ello, se molieron los minerales en un mortero de cerámica (malla 100 μm) y luego se los mezcló con la arcilla en función de las proporciones previamente planteadas (ver Tabla 3). La baba de cactus se obtuvo de una hoja, la cual fue cortada al medio y raspada con una cuchara para obtenerla. A esta preparación se le añadió agua del grifo, en distintas cantidades, para lograr una pintura que pudiera aplicarse con facilidad en las briquetas. Por último, cada briqueta se dividió en dos mitades para proceder a la aplicación de las pinturas obteniendo diferentes espesores. Por un lado, la mitad de la briqueta se cubrió con una a cuatro capas, mientras que su otra mitad recibió de cuatro a ocho capas de pintura. La Tabla 3 presenta las diferentes combinaciones (recetas) que se utilizaron en el proceso experimental.

Las cocciones

Se llevaron a cabo cuatro cocciones experimentales que tuvieron como objetivo someter a las piezas a atmósferas de cocción oxidante y reductora para así evaluar el comportamiento de las mezclas colorantes que les fueron aplicadas. Como se planteó previamente (ver Las briquetas), finalmente se utilizaron 46 briquetas con pintura precocción obtenidas en las dos oxidantes: 13 briquetas de la primera cocción y 33 de la cuarta quema, en las cuales se aplicaron las diferentes combinaciones de las mezclas colorantes. A continuación se describe detallada y metodológicamente el proceso de las cuatro cocciones experimentales:

Para la primera cocción se construyó un horno pequeño de tiro directo, utilizando ladrillos de construcción y barro; la cocción tuvo una duración de cinco horas y media. Se generó una atmósfera oxidante, con una temperatura máxima de entre 800°C y 900°C, estimada de acuerdo con el color incandescente de las piezas durante la quema así como también al sonido agudo que producen al ser golpeadas una vez cocidas (Figura 1a y 1b). Se cocinaron un total de 47 briquetas (47:150), de las cuales 13 se encontraban pintadas y 34 sin pintar. Éstas se utilizaron para la aplicación de pinturas post-cocción.

En la segunda cocción se intentó conseguir una atmósfera reductora en un horno similar al anterior, para lo cual se taparon las piezas con excremento seco de llama una vez que ya habían alcanzado la temperatura máxima deseada (910°C, medidos utilizando un pirómetro). Sin embargo, en el momento en que el guano entró en contacto con las piezas se encendió, por lo que la circulación de oxígeno no se vio interrumpida (Figura 1c y 1d). Se cocieron un total de 51 briquetas (51:150), de las cuales 19 se encontraban pintadas y 32 sin pinturas. La quema duró un poco más de dos horas.

Para la tercera quema se utilizó un método de cocción diferente, siguiendo los pasos de los alfareros de San Idelfonso, en el que se acomodaron las piezas sobre

una parrilla elevada unos 20cm del suelo, debajo de la cual se colocó toda la leña; seguidamente se taparon las briquetas -N=19, con pinturas; (19:150)- con planchas de metal y estas fueron recubiertas con estiércol seco de vaca (Guthe, 1925). La finalidad de este tipo de cocción es generar una atmósfera reductora durante todo el proceso. Sin embargo, y a pesar de haber tomado todos los recaudos, el excremento se incendió cuando las planchas de metal se calentaron. Nuevamente, tal como en la quema anterior, no se interrumpió la circulación de oxígeno y la atmósfera resultó oxidante. En cuanto a la temperatura máxima alcanzada, se estimó en 900°C de acuerdo con los parámetros utilizados para la primera experiencia, ya que el pirómetro tuvo que ser retirado por razones de seguridad (Figura 1c). Por último, el tiempo de la quema fue de 30 minutos, momento en el que se terminó de consumir la leña.

Para la cuarta y última quema se decidió construir un horno similar al de las quemas 1 y 2, pretendiendo una atmósfera oxidante. El proceso duró tres horas y media y se alcanzó una temperatura máxima de 880°C, medida con pirómetro (Figura 1d). Durante la experiencia no se presentaron situaciones inesperadas y se obtuvieron los resultados esperados. Se cocinaron un total de 33 briquetas (33:150), todas con pinturas.

Como se ha visto, por distintas razones, entre ellas fallas en los procesos de control de atmósferas, todas las briquetas fueron cocidas en atmósferas oxidante, por lo tanto presentaremos solo los resultados obtenidos en las quemas número 1 y 4 (46 briquetas), en las que se pretendía una cocción oxidante, la cual fue conseguida. Así mismo, la interpretación de los datos también se hará en relación a las cocciones mencionadas.

Resultados arqueológicos experimentales

La tecnología cerámica involucra múltiples cambios en las materias primas utilizadas: desde el terrón de arcilla que se transforma en una pasta maleable hasta la conversión de arcilla en cerámica mediante la cocción. En esta última etapa, también los pigmentos que son utilizados para colorear las piezas sufren modificaciones, tanto a nivel físico-químico como visual. En este sentido, los cambios a nivel visual fueron registrados utilizando el sistema de descripción de colores Munsell (Figura 2a-d). Se trata de una estandarización de colores basada en la forma en la que estos son percibidos, teniendo en cuenta tres aspectos: *hue*, que es la posición del color en el espectro, tiene que ver con su saturación, fuerza y pureza, y puede ser *Y* (amarillo), *R* (rojo) o *YR* (amarillo-rojo); *chroma*, entendido como el brillo, la intensidad del color; y el *value*, que es la oscuridad o claridad del color. Además del código alfanumérico en el que se expresan estas variables, el sistema Munsell tiene nombres verbales para cada color (Rice, 2005; Shepard, 1956). Estas transformaciones son presentadas a continuación.

Tabla 3. Mezclas colorantes (recetas) utilizadas para la elaboración de las decoraciones pre-cocción en las briquetas experimentales.

Table 3. Colourants mixtures (recipes) used in the elaboration of prefiring decorations in experimental briquettes.

Nº muestra	Arcilla roja (%)	Arcilla Blanca (%)	Cromóforo 1	%	Cromóforo 2	%	Baba de cactus (%)	Tipo de cocción
B1	100	-	-	-	-	-	0	Oxidante
B2	0	100	-	-	-	-	0	Oxidante
B3	0	-	Cal	100	-	-	0	Oxidante
B4	50	-	Cal	50	-	0	0	Oxidante
B5	0	-	Yeso	100	-	0	0	Oxidante
B6	50	-	Yeso	50	-	0	0	Oxidante
B7	50	-	Hueso de vaca	50	-	0	0	Oxidante
B8	0	-	Hematita	50	-	0	50	Oxidante
B9	50	-	Hematita	50	-	0	0	Oxidante
B10	0	-	Goethita	50	-	0	50	Oxidante
B11	50	-	Goethita	50	-	0	0	Oxidante
B12	0	-	MnO	50	-	0	50	Oxidante
B13	50	-	MnO	50	-	0	0	Oxidante
B122	33,3	-	Cal	66,6	-	0	0	Oxidante
B123	25	-	Cal	50	-	0	25	Oxidante
B124	33,3	-	Yeso	66,6	-	0	0	Oxidante
B125	25	-	Yeso	50	-	0	25	Oxidante
B126	33,3	-	Hematita	33,3	MnO	33,3	0	Oxidante
B127	25	-	Hematita	25	MnO	25	25	Oxidante
B128	33,3	-	Hematita	66,6	-	-	0	Oxidante
B129	25	-	Hematita	50	-	0	25	Oxidante
B130	66,6	-	Hematita	33,3	-	0	0	Oxidante
B131	50	-	Hematita	25	-	0	25	Oxidante
B132	33,3	-	Magnetita	66,6	-	0	0	Oxidante
B133	25	-	Magnetita	50	-	0	25	Oxidante
B134	0	-	Carbón vegetal	100	-	0	0	Oxidante
B135	33,3	-	Ocre amarillo M1	66,6	-	0	0	Oxidante
B136	25	-	Ocre amarillo M1	50	-	0	25	Oxidante
B137	33,3	-	Ocre amarillo M2	66,6	-	0	0	Oxidante
B138	25	-	Ocre amarillo M2	50	-	0	25	Oxidante
B139	33,3	-	Ocre amarillo M3A	66,6	-	0	0	Oxidante
B140	25	-	Ocre amarillo M3A	50	-	0	25	Oxidante
B141	33,3	-	Ocre amarillo M3B	66,6	-	0	0	Oxidante
B142	25	-	Ocre amarillo M3B	50	-	0	25	Oxidante
B143	33,3	-	Ocre amarillo M3C	66,6	-	0	0	Oxidante
B144	25	-	Ocre amarillo M3C	50	-	0	25	Oxidante
B145	33,3	-	Ocre amarillo M3D	66,6	-	0	0	Oxidante
B146	25	-	Ocre amarillo M3D	50	-	0	25	Oxidante
B147	33,3	-	Ocre amarillo M3E	66,6	-	0	0	Oxidante
B148	25	-	Ocre amarillo M3E	50	-	0	25	Oxidante
B149	33,3	-	Ocre amarillo M3F	66,6	-	0	0	Oxidante
B150	25	-	Ocre amarillo M3F	50	-	0	25	Oxidante
B151	33,3	-	Hueso de ave	66,6	-	0	0	Oxidante
B152	25	-	Hueso de ave	50	-	0	25	Oxidante
B153	0	-	Resina de algarrobo	100	-	0	0	Oxidante
B154	0	-	Carbón vegetal	50	-	0	50	Oxidante

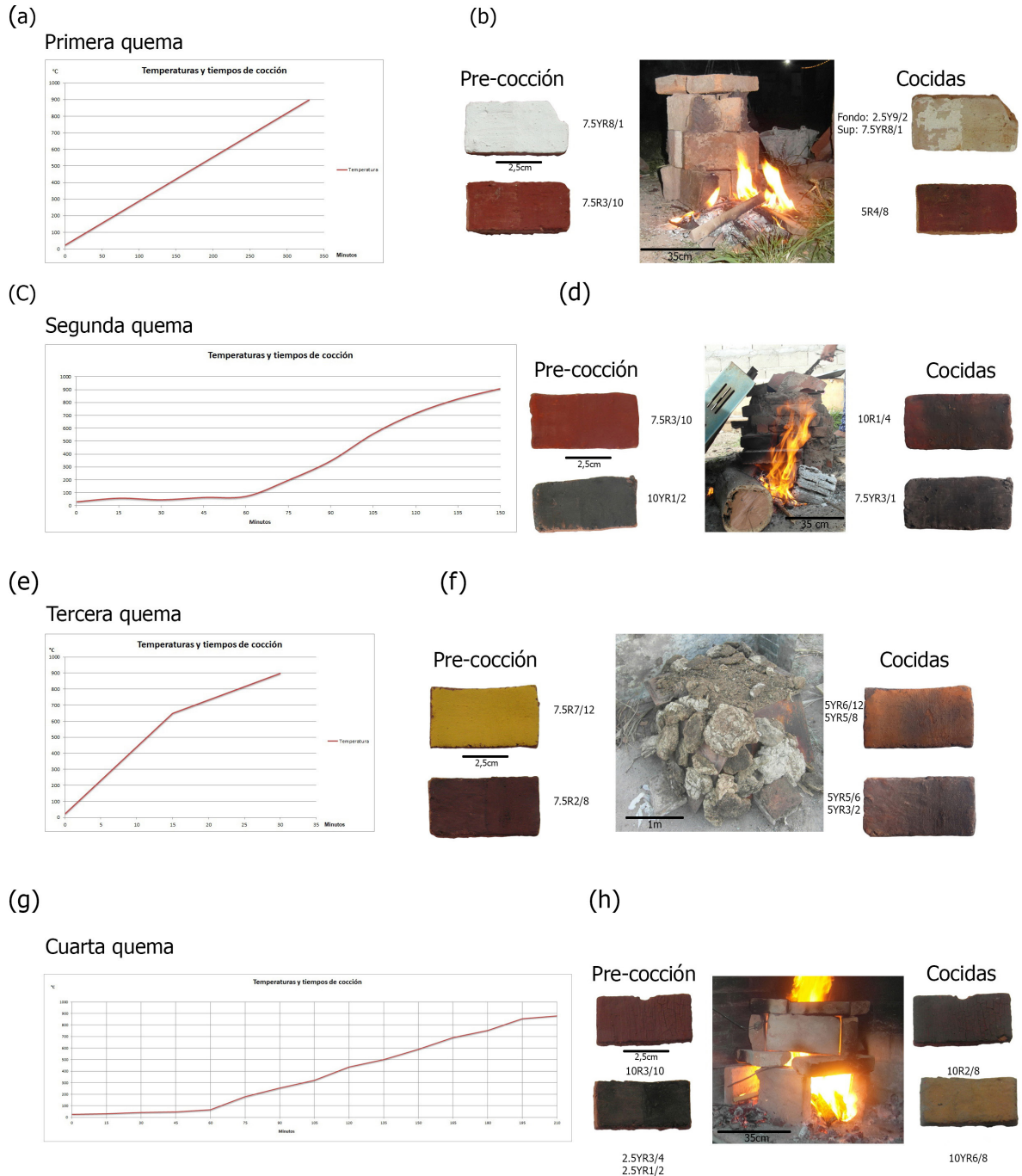


Figura 1. Quemas experimentales: temperaturas y tiempos de cocción (a, c, e, g); y estructuras de cocción y detalle de briquetas pre- y postcocción (b, d, f, h).

Figure 1. Experimental firings: temperatures and firing times (a, c, e, g); and firing structures and details of pre- and postfiring briquettes (b, d, f, h).

Rojos

Los hues rojos fueron fáciles de lograr, ya que las hematitas reconocidas en las muestras arqueológicas se comportaron de acuerdo con lo esperado en las experimentaciones, dando como resultado pinturas muy similares a las Aguada Portezuelo, tanto macroscópica como microscópicamente (Figura 2a-c; Tabla 3). En este

caso, los distintos espesores en los que las pinturas fueron aplicadas (de 1 a 4 capas en una mitad de la briqueta y de 4 a 8 capas en la otra mitad) no mostraron ser significativos en el resultado final en ninguna de las 5 briquetas analizadas (Figura 2a-c).

El análisis con microespectroscopía Raman dio como resultado la presencia de hematita y arcilla roja como

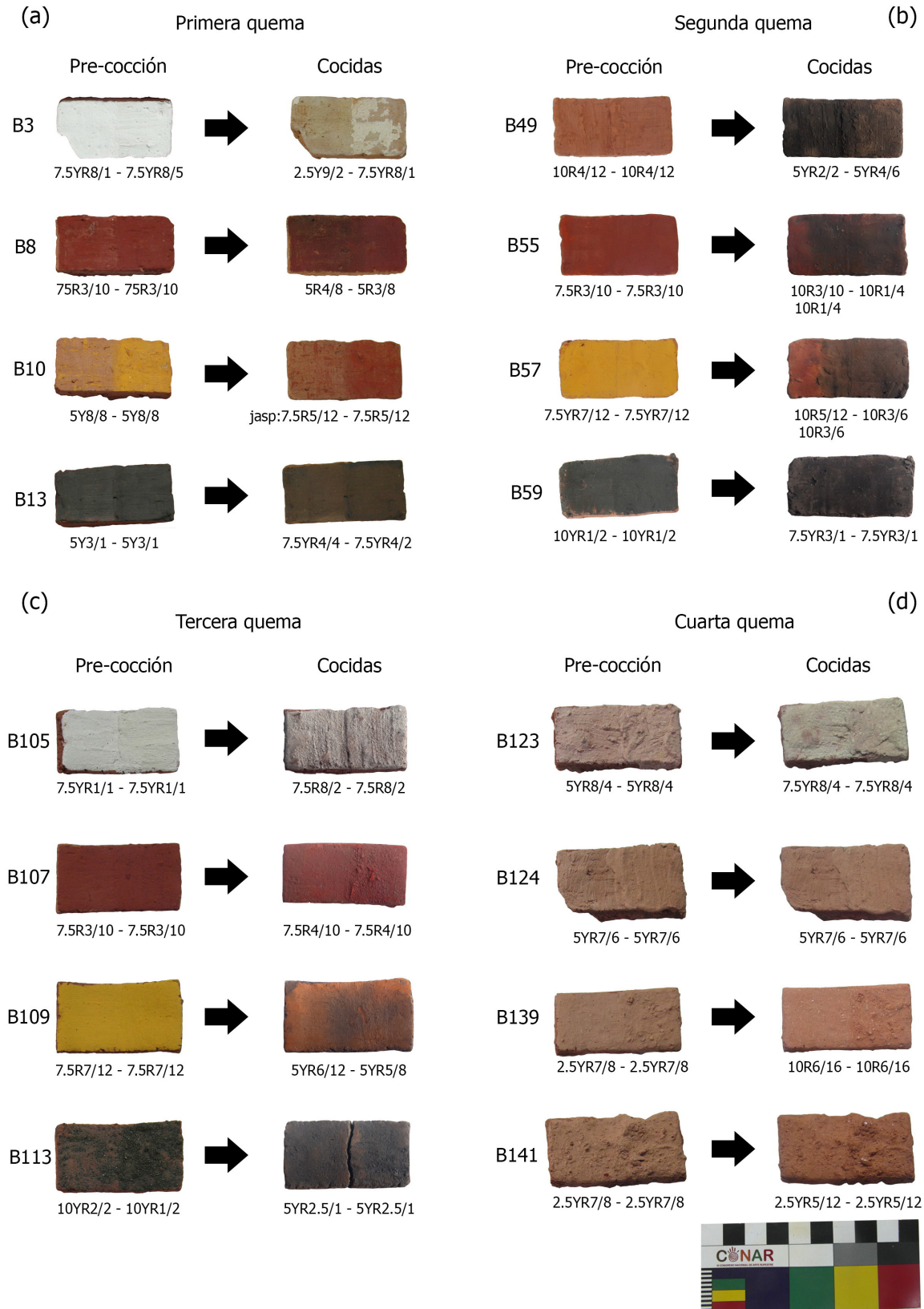


Figura 2. Detalle de las transformaciones más representativas de los valores *chroma* (colores) de las briquetas para cada una de las quemas realizadas con sus respectivos códigos Munsell.

Figure 2. Detail of more significant transformations in *chroma* values (colours) of briquettes for each of the firings performed, together with their Munsell codes.

minerales responsables de la coloración (Figura 3a y 3b). En algunas muestras (B9) aparece magnetita residual, con su pico característico en 660 cm^{-1} y otras (B129 y B131) presentan picos correspondientes a oxalatos de calcio (con picos entre el 1450 y 1700 cm^{-1}), quizás debido a la cocción de la baba de cactus (Figura 3a y 3b). Por otra parte, en la B131 se reconoce la presencia de anatasa.

La identificación de la hematita fue contrastada con espectros de referencia superpuestos a los obtenidos en las muestras (B9 y B129), en los que podemos observar la superposición de los picos característicos de este mineral: 223 , 290 , 405 , 497 y 610 cm^{-1} (Figura 3a y 3b).

Borravinos

En el caso de los *hues* borravinos se observa que se pueden seguir al menos dos recetas: una que además de hematita contenga algún óxido de manganeso (B127 y B126); y otra en la que la baba de cactus juega un rol importante en el color, aunque no así a nivel composicional (B8) (ver Tabla 3). Por otra parte, aquí la carga de pintura aplicada sí resulta en diferencias en su adherencia a la pieza, siendo las pinturas con mayor espesor más propensas a cuartearse y tal vez desprenderse de la pieza (ver Figura 2a y 2b).

En general, los espectros obtenidos de las muestras color borravinos ($N=3$) muestran picos asignables a hematita y magnetita residual en la briqueta B8 (Figura 3c) y hematita y jacobsita en la briqueta B127 (Figura 3d). Además, se reconocen oxalatos de calcio en una de las briquetas, B8 (Figura 3c). Los espectros Raman registrados para este color borravinos muestran una banda ancha e intensa alrededor de los 655 cm^{-1} y junto con dos bandas más débiles alrededor de los 345 y 449 cm^{-1} , las cuales han sido asignadas a la presencia de jacobsita (Figura 3d) (De Benedetto et al., 2011; Centeno et al., 2012). Los picos alrededor de 224 , 290 , 405 , 494 y 612 cm^{-1} en el espectro B126 en la Figura 3d pertenecen a la hematita (De Faria et al., 1998).

Amarillos

Los *hues* amarillos siguen siendo un punto difícil de abordar, tanto desde la arqueometría como desde la experimentación. El primer obstáculo se debe a los conflictos a la hora de realizar la caracterización mineralógica mediante microespectroscopía Raman; y por otra parte, resulta complicado obtener tungstita con la cual experimentar, ya que no es un mineral que se encuentre a la venta y tampoco es muy trabajado por geólogos, complejizando su identificación en el campo.

El pigmento amarillo recolectado en Mina de los Cóndores resultó ser jarosita, un sulfato de potasio y hierro hidratado, de color amarillo pardo a rojo. Se trata de un mineral inestable que se transforma a goetita y subsecuentemente a hematita cuando se lo somete a temperaturas de 350 - 450°C y 580 - 800°C , respectivamente

(Barón y Palmer, 1996); hecho que se contrastó una vez cocidas las muestras (Figura 2a-c y Figura 3e). La briqueta B146 representa una muestra muy interesante, en tanto contiene en su composición hematita como responsable de su color, con bandas en 224 , 290 , 409 , 495 , 608 y 1311 cm^{-1} , pero también presenta picos de jarosita residual (1015 cm^{-1}) que demuestran claramente este cambio de minerales producido durante la cocción de la pintura (Figura 3e). En cambio, la briqueta B135 presenta jarosita completamente transformada en hematita, con las típicas bandas a 221 , 289 , 406 , 495 , 606 y 1303 cm^{-1} (Figura 3f). Cabe destacar que en las muestras que contienen baba de cactus en su pintura no se reconocieron oxalatos de calcio en sus espectros (ver Tabla 3).

Por otro lado, las briquetas que fueron pintadas con goetita (B10 y B11) también resultaron ser rojas debido a la transformación de este mineral en hematita durante la cocción (ver Tabla 3; Martínez Carricondo, 2021). En el espectro de la briqueta B11 podemos reconocer la presencia de hematita con bandas en 224 , 290 , 409 , 495 , 608 y 1311 cm^{-1} (Figura 3e).

Blancos

Los engobes con *hues* blancos fueron obtenidos de diversas maneras por los/as alfareros/as antiguos/as. En las experimentaciones realizadas se lograron obtener resultados prometedores utilizando cal y yeso como cromóforos, no así con la hidroxiapatita (Figura 2a, 2c, 2d; Tabla 3). En total se realizaron y analizaron 3 briquetas, que tanto antes como después de la cocción resultaron blancas. En el caso del engobe realizado con cal resulta interesante, además de su color, la textura lograda en el sector de la briqueta pintada con mayor espesor (de 4 a 8 capas de pintura). Al igual que lo ocurrido con las pinturas borravinos, ésta capa tiende a cuartearse y desprenderse de la pieza, dejando como resultado una superficie heterogénea con un fondo de un color blanquecino similar a lo que encontramos en las vasijas arqueológicas (Figura 2a).

En lo que respecta a los espectros Raman para la briqueta B3 se observan picos claros de cal (bandas en el rango de 1400 a 2000 cm^{-1}) y carbonato de calcio (bandas a 1085 y 279 cm^{-1}) (Figura 4a). Por último, el espectro de la briqueta B5 evidencia la presencia de anhídrita con su banda característica de 1016 cm^{-1} , coherente con la utilización de este cromóforo (Figura 4b).

Negros

Las pinturas de *hues* negros que contenían óxidos de manganeso como cromóforos se comportaron de acuerdo con lo esperado, tanto macroscópica como químicamente, coincidiendo con las caracterizaciones mineralógicas de las muestras arqueológicas (ver Figura 2a-c; Tabla 3) (ver Martínez Carricondo, 2021). Se realizaron y analizaron 6 briquetas que antes y después de la cocción resultaron negras (B12, B13, B25, B26, B132 y B133).

Por el contrario, las muestras en las que se utilizó magnetita comercial no resultaron similares a las arqueológicas ni en lo visual ni en la textura, ya que el *hue* obtenido es negro, pero más desleído y heterogéneo que el de Portezuelo, y la textura no es lisa, sino que es rugosa. Sin embargo, la caracterización mineralógica es la esperada.

En cuanto al análisis por Raman, las pinturas que contenían óxidos de manganeso (B13) y magnetita (B133) se ven muy bien representadas en los espectros obtenidos de las muestras (Figura 4c y 4d). La briqueta B13 presenta espectros similares a la hausmanita (bandas alrededor de 655 y 307 cm^{-1}), lo cual evidenciaría la transformación térmica de la pirolusita original (Figura 4c) (Bernardini et al., 2020; Ratto et al., 2020). Se observa también la presencia de cuarzo (465 cm^{-1}) y anatasa (148 cm^{-1}) presentes en la arcilla roja. El espectro de la briqueta B133 muestra la presencia de magnetita (banda a 662 cm^{-1}) conjuntamente con la presencia de un pico de anatasa (143 cm^{-1}) y las bandas características de la hematita

(224, 292, 409, 609 y 1313 cm^{-1}) procedentes de la arcilla roja. Se observa también los espectros de referencia de la magnetita y la hematita.

Sin embargo, aquellas briquetas que fueron pintadas con materiales orgánicos perdieron la pintura durante la cocción, por lo que los picos corresponden a arcilla o poseen mucho ruido, lo que hace imposible su correcta identificación (ver Martínez Carricondo, 2021)

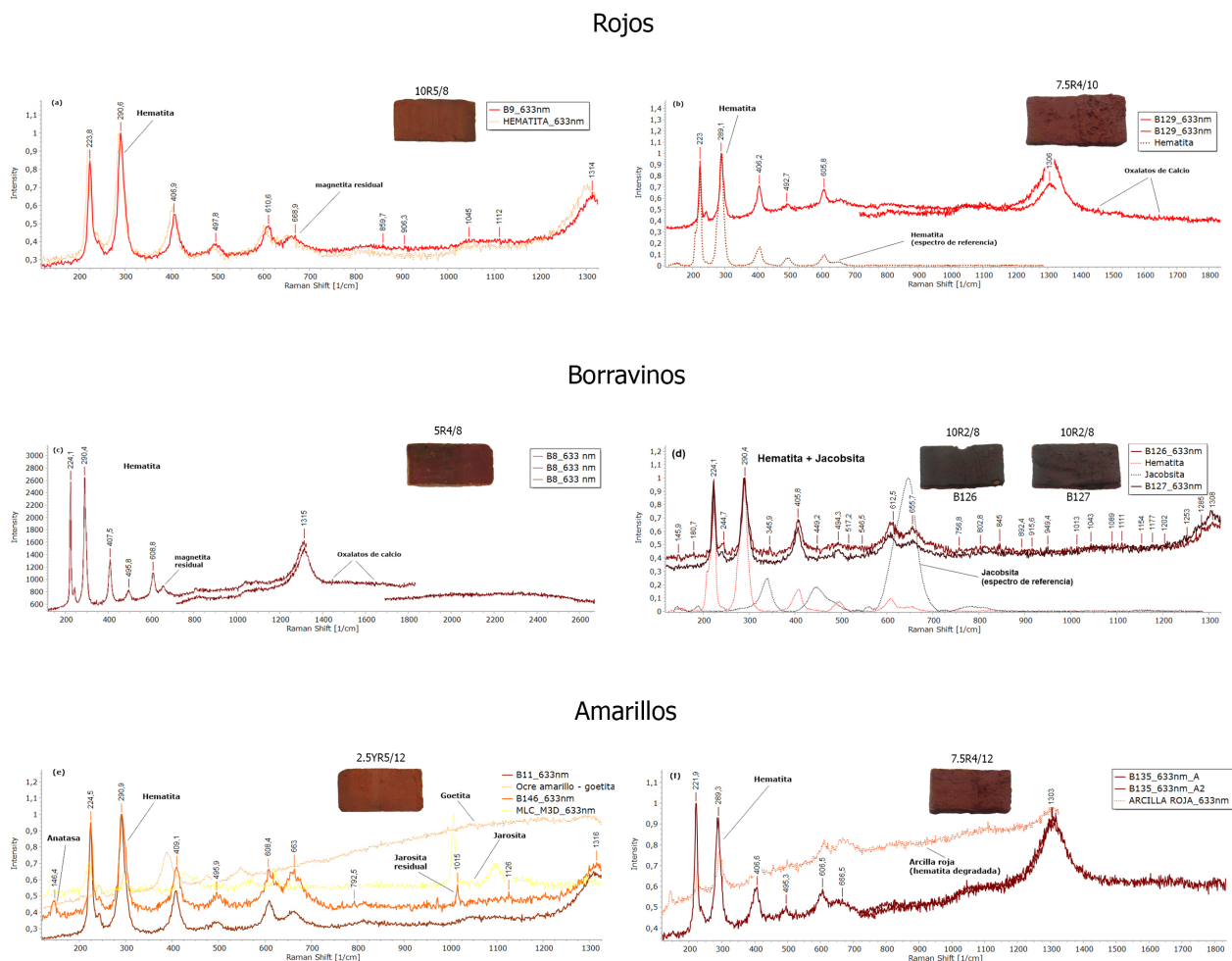
Marrones

Las briquetas de *chromas* marrones (N= 5) evidencian hematita como parte de su contenido, ya sea casi pura (B132) o degradada (B1, B6, B7), coincidiendo con la utilización de arcilla roja como parte de todas las pinturas de este color (ver Tabla 3). Por otra parte, en una briqueta se detectó yeso (1011 cm^{-1}), lo que se corresponde con el uso de pintura con yeso en esta muestra.

Llama la atención que en las briquetas en las cuales se utilizaron una combinación de arcilla roja y hueso molido

Figura 3. Espectros Raman obtenidos en los análisis de las briquetas para los colores rojos (a, b), borravinos (c, d) y amarillos (e, f). Briquetas y sus respectivos códigos Munsell.

Figure 3. Raman spectra obtained in the analyses of briquettes for red (a, b), burgundy (c, d), and yellow (e, f) colours. Briquettes and their Munsell codes.



para obtener algunos *hues* marrones no se encontraron picos representativos de hidroxiapatita en las muestras analizadas por Raman (B7, B151 y B152), sino que los espectros muestran solamente hematita degradada. La ausencia de la hidroxiapatita podría deberse a un inconveniente con el láser utilizado, sin embargo esto debe ser explorado más en detalle en futuras investigaciones (ver Martínez Carricondo, 2021).

Ocres

Los resultados obtenidos en las muestras ocres (N=12) muestran una diversidad de minerales presentes en las pinturas. Se visualiza hematita, yeso, cal, jarosita, magnetita y anatasa (Figuras 4e y 4f). Esto se debe a que las briquetas que se agruparon en esta categoría de color fueron pintadas con diferentes mezclas y cada una de ellas presenta sus picos particulares en los espectros Raman.

En la briqueta B123 se identifican picos correspondientes

a cal (CaO) y cal apagada (CaO (OH)₂) –bandas localizadas en el rango de 1400-2000 cm⁻¹-, quedando los picos correspondientes a la arcilla enmascarados por la intensidad de los primeros. También se observa la presencia de calcita con su banda característica a 1085 cm⁻¹(Figura 4e).

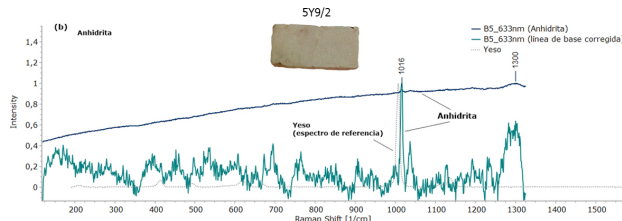
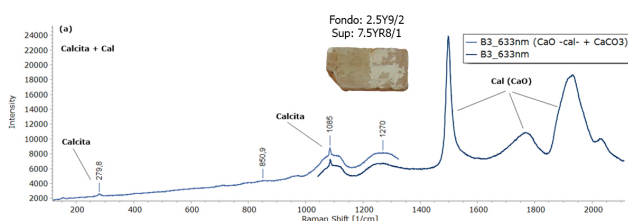
En el espectro de la briqueta B141 podemos identificar claramente hematita (bandas a 224, 290, 409, 610 y 1315 cm⁻¹) conjuntamente con la presencia de magnetita residual (658 cm⁻¹) y anatasa (145 cm⁻¹) (ver Figura 4f y Tabla 3).

En relación a los ocres obtenidos con el uso del mineral jarosita, el espectro de la briqueta B139 es bien representativo. En la misma se utilizó una combinación de arcilla roja + jarosita (ver Tabla 3). En el espectro se observa la jarosita casi pura (bandas a 415, 498, 626, 674, 1016 y 1127 cm⁻¹) junto con algunos picos correspondientes a hematita (226, 295, 607 cm⁻¹), esto podría deberse a

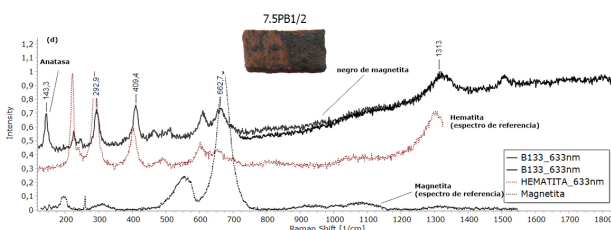
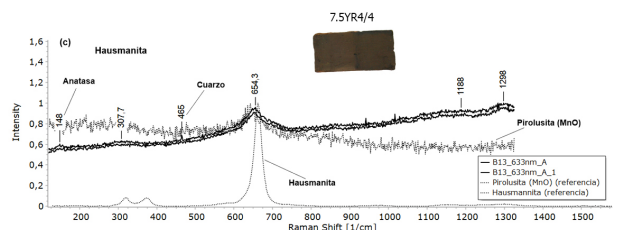
Figura 4. Espectros Raman obtenidos en los análisis de las briquetas para los colores blancos (a, b), negros (c, d) y ocres (e, f). Briquetas y sus respectivos códigos Munsell.

Figure 4. Raman spectra obtained in the analyses of briquettes for white (a, b), black (c, d), and ochers (e, f) colours. Briquettes and their Munsell codes.

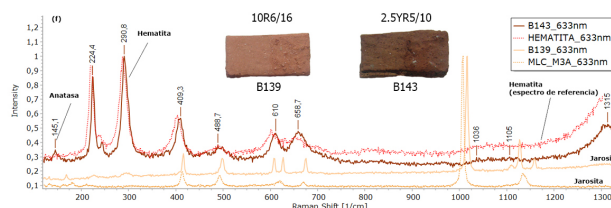
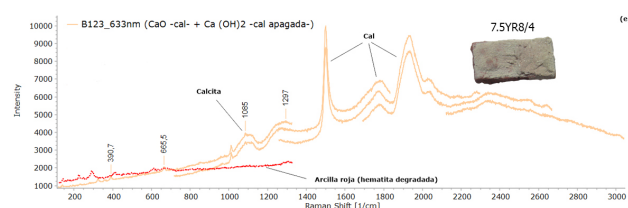
Blancos



Negros



Ocres



una cocción incompleta de la muestra, imposibilitando la transformación total de la jarosita en hematita (Figura 2d y Figura 4f).

Discusión

Las experimentaciones llevadas a cabo, junto con los análisis arqueométricos aplicados sobre las muestras realizadas, nos muestran que cada material, mineral u orgánico, empleado en la preparación de las pinturas y engobes cerámicos se comporta de maneras diferentes, de acuerdo con múltiples variables como la temperatura a la que se someten, con qué otros materiales se combinan, el espesor de la pintura que se aplica, entre otras. A continuación, se presentan algunas observaciones que consideramos relevantes en el uso y comportamiento de cada uno de los materiales que fueron empleados en las experimentaciones.

Tanto las hematitas utilizadas como único cromóforo, para obtener los *chromas* rojos, como aquellas que fueron mezcladas con óxidos de manganeso, para lograr los *hues* borrafinos, se comportaron según lo esperado. En este último caso, se ha establecido que la pirolusita (MnO_2), el polimorfo del manganeso más estable de todos, se transforma a bixbita (Mn_2O_3) a los $500^\circ C$, y esta fase es estable hasta los $800^\circ C$ aproximadamente, para luego reaccionar con la hematita y transformarse en jacobsita ($MnFe_2O_4$) entre los $900-1000^\circ C$ (Centeno et al., 2012). Por otro lado, resultó interesante el hecho de que la hematita mezclada con baba de cactus también produjo un color borrafino, lo que podría indicar que el componente orgánico juega un rol importante en la generación de este *hue*, siendo la única mezcla colorante en la que la baba de cactus habría producido cambios de color en el momento de la cocción.

En el caso de los borrafinos el espesor de la pintura aplicada sí mostró diferencias, produciéndose un descascaramiento en el lado de la briqueta que se cubrió con 4 a 8 capas de pintura. Esto induce a pensar que este fenómeno de descascaramiento o exfoliación, observado para las vasijas Portezuelo, se produciría alternativamente de dos formas diferentes: 1) que se trate de pinturas post-cocción con un espesor considerable y una fijación deficiente a la superficie cerámica; o 2) que sea producto de las diferentes tasas de secado entre la vasija y el engobe/pintura: cuando las piezas se secan disminuyen su tamaño, y si hay un engobe o pintura que posee minerales diferentes a los de la vasija, con un espesor importante, la tasa de secado y encogimiento es diferente y puede producir ese descascaramiento. No obstante, el trabajo realizado no pretende dar agotada esta problemática y requiere la consideración de realizar ensayos teniendo en cuenta las diferentes técnicas de acabado (por ej. alisado, pulido y bruñido) en la preparación de las superficies previas al proceso de pintado.

En las experimentaciones realizadas, los colores blancos fueron obtenidos a través del uso, preparación y aplicación principalmente de cal, calcita y yeso, y en menor medida se experimentó con el uso de hidroxiapatita (huesos molidos). La cal y el yeso que utilizamos como cromóforos de pinturas blancas se comportaron de acuerdo con lo esperado, tanto en el momento de preparación de las mezclas como en su aplicación y durante la cocción (cf. Bertolino et al., 2008; De La Fuente y Pérez Martínez, 2018). Por otro lado, y como ya fuera mencionado, estas pinturas tendieron a desprenderse de las briquetas, hecho que se atribuye a procesos de pintura post-cocción, aunque, tal y como se propusiera para los borrafinos, este efecto puede deberse a la diferencia en la tasa de secado entre el engobe y la superficie arcillosa en la que se aplica. No ocurre lo mismo con las preparaciones que contienen yeso, las cuales brindan una superficie homogénea en color y textura (Figura 2c y 2d).

No ocurrió lo mismo con la hidroxiapatita, obtenida de huesos de dos animales diferentes (uno de vaca cocido y otro de ave crudo). El objetivo de la utilización de hueso molido, fue solamente obtener la fracción mineral de hidroxiapatita y evaluar su potencial como cromóforo y su "señal" Raman. En este caso obtener un polvo fino que se disuelva en agua y arcilla no fue posible, resultando una mezcla heterogénea con pequeñas astillas de hueso en ella, lo que indica una molienda deficiente. En cuanto a la cocción, el color logrado no fue el blanco esperado y registrado en cerámicas arqueológicas (ver Cremonte et al., 2003), seguramente debido a que la pintura fue preparada con las proporciones incorrectas de arcilla e hidroxiapatita, así como tampoco se logró la homogeneidad buscada y que ayudaría en la generación de un color y capa de pintura pareja. Esto requerirá de futuras experimentaciones con el cromóforo conocido como "blanco de hueso" (de origen comercial) y su réplica a nivel tradicional utilizando huesos calcinados y molidos.

Para lograr los colores negros utilizamos una variedad de minerales colorantes, así como también elementos orgánicos. Éstos últimos fueron detectados en el interior de numerosas piezas Aguada Portezuelo, siendo responsables del efecto grafitado observado macroscópicamente (De La Fuente y Pérez Martínez, 2008, 2018). De acuerdo con los análisis arqueométricos llevados a cabo, el grafitado es producto de la quema de materiales orgánicos, sin embargo, estos estudios no especifican qué tipo de elemento fue incinerado ni de qué manera fue aplicado. Por ello es que decidimos experimentar: a) frotando carbón vegetal sobre las piezas en estado de cuero; b) preparando una pintura líquida a base de carbón vegetal molido y agua, con y sin pulido; c) realizando una suerte de infusión con cortezas y resina de algarrobo y agua; y d) quemando guano y pastos secos dentro de las vasijas durante la cocción, generando una atmósfera reductora únicamente dentro de las piezas que

se desean grafitar. La única receta que dio los resultados esperados fue esta última, por lo que la proponemos como viable para la alfarería objeto de nuestro estudio. Estos resultados no se corresponden con las técnicas registradas en Rocky Mountain (E.E.U.U.), donde los/as alfareros/as utilizan una planta llamada guaco (*Mikani aglomerata*) para preparar una pintura fuliginosa, de apariencia mate y gran adherencia a la pieza que luego es cocida (van der Weerd et al., 2004).

Por otra parte, se encuentran los cromóforos de origen mineral. Los distintos óxidos de manganeso identificados en las muestras arqueológicas pueden tomarse como indicadores de temperaturas de cocción debido a su inestabilidad térmica. En este sentido, la pirolusita (MnO_2) se considera un mineral aplicado post-cocción ya que sufre transformaciones a partir de los $500^\circ C$; mientras que la presencia de hausmanita indicaría temperaturas entre 950 y $1000^\circ C$ (Centeno et al., 2012; ver Bernardini et al., 2020; Palamarczuk et al., 2020; Ratto et al., 2020; Tomasini et al., 2020). Como ha sido expresado por otros autores, los óxidos de manganeso poseen una complejidad mayor para su identificación en comparación con otros cromóforos minerales. El manganeso forma un gran número de compuestos también en sistemas no-estoiquiométricos y desordenados, y en algunos casos presentan en microscopía Raman solo una banda amplia claramente visible en el espectro. Más aún, se ha propuesto que diferentes compuestos de óxidos de manganeso presentan bandas intensas en el rango $640-660\text{ cm}^{-1}$: bixbita (Mn_2O_3), jacobsita ($MnFe_2O_4$), y hausmanita (Mn_3O_4) (De Benedetto et al., 2011). La identificación de compuestos basados en el manganeso es en algunos casos verdaderamente difícil porque adicionalmente se sabe que estos compuestos son sensibles a la descomposición térmica inducida por el láser del Raman. Actualmente, estas dificultades en la identificación de estos óxidos pueden ser asociadas con la complejidad estructural de estos compuestos, así como también a su intermezcla con compuestos similares de hierro y cromo. De cualquier forma, los estudios experimentales realizados por Bernardini et al. (2019, 2021) demuestran que la pirolusita, jacobsita y hausmanita, pueden ser determinadas por Raman por el deslizamiento Raman de la banda central que se origina en *ca.* $630-640\text{ cm}^{-1}$ del espectro con la pirolusita y termina en la banda *ca.* 660 cm^{-1} con la presencia de hausmanita. Este último óxido también presenta dos bandas más débiles localizadas alrededor de 307 y 375 cm^{-1} .

En el caso de la magnetita, se comercializa en forma de un polvo muy fino, que fue mezclado con arcilla y agua, por un lado, y con arcilla, agua y baba de cactus por otro. En ninguno de los dos casos se obtuvo una mezcla homogénea ni fácilmente aplicable. De acuerdo con estos resultados proponemos al menos dos hipótesis: 1) los/as alfareros/as recolectaban magnetita y la sometían a un proceso de molienda riguroso, obteniendo un

polvo lo suficientemente fino como para mezclarse homogéneamente con la arcilla y el agua; o 2) los/as alfareros/as obtenían magnetita a partir de la reducción de la hematita durante la cocción de la pieza (de acuerdo con el ciclo de la hematita, ver Goodall et al., 2007). Esta última hipótesis es controversial, ya que si se somete la pieza a una reducción lo más probable es que todas las pinturas y engobes presentes en la vasija se vean afectados, además de modificar la pasta cerámica, que en los fragmentos arqueológicos solo presenta signos de reducción en la cara interna, donde no hay pinturas de magnetita. El trabajo experimental realizado por Puente et al. (2019) indica que la persistencia de los motivos negros, con base en magnetita como principal cromóforo, se debe básicamente a un control de las atmósferas de cocción por parte de los alfareros, logrando atmósferas neutras donde no se produciría una transformación efectiva de la magnetita a la hematita (Puente et al., 2019: 12).

La cal, el yeso y la hidroxiapatita que fueron mezcladas con arcilla roja dieron como resultado *chromas* marrones, al igual que la arcilla roja sin ningún otro componente. A pesar de que no son resultados que esperábamos, revelan información sumamente útil en lo que respecta a las proporciones de cromóforos que son necesarias para lograr *hues* blancos, siendo necesaria una menor cantidad de arcilla roja en relación con los minerales colorantes. Al igual que ocurre con los *chromas* marrones, los ocreos fueron obtenidos como resultado de "fallas" en las pinturas realizadas con el objetivo de generar otros *hues*, en este caso amarillos.

Los *hues* amarillos de la alfarería Aguada Portezuelo fueron logrados utilizando tungstita como cromóforo. Ante la rareza de este mineral y la imposibilidad de conseguirlo de forma comercial, se realizaron muestreos en Mina de Los Cóndores (San Luis). Los resultados experimentales revelan que, tanto a nivel macroscópico como arqueométrico, los minerales recolectados son ejemplares de jarosita, un sulfato de potasio y hierro, el cual reacciona ante el aumento de temperatura transformándose en hematita, de color rojo. La conversión incompleta de la jarosita da como resultado coloraciones ocreas, que a nivel arqueométrico evidencia la presencia tanto de jarosita como de hematitas. Por más de que estas briquetas fueron cocidas simultáneamente, su posición en el horno puede haber determinado la transformación desigual de las jarositas (ver Martínez Carricondo, 2021).

Finalmente, no se pudieron obtener tonos amarillos en las muestras experimentales debido a la falta de tungstita, por lo que deberemos esperar a futuras experimentaciones para profundizar nuestro conocimiento sobre este mineral, tanto en la preparación de la pintura, como en su comportamiento al ser sometido a altas temperaturas en atmósferas oxidantes y reductoras, y su fijación a la pieza al ser aplicado en momentos post-cocción.

Palabras finales

A modo de cierre, podemos decir que los/as alfareros/as productores de la cerámica Aguada Portezuelo poseían un gran conocimiento de los minerales que empleaban en sus pinturas y engobes cerámicos; no sólo eran capaces de identificarlos a nivel macroscópico en el campo, sino que además conocían los cambios que presenta cada uno de ellos cuando son sometidos a diferentes temperaturas y atmósferas de cocción. Por otra parte, la marcada policromía de esta alfarería, la multiplicidad de recetas utilizadas para lograr los mismos colores, la prolijidad en los trazos y la complejidad de los diseños plasmados, son una clara evidencia de la importancia que tenía esta etapa del proceso para sus productores y consumidores.

San Fernando del Valle de Catamarca, 7 de Julio, 2022

Agradecimientos

La Escuela de Arqueología de la Universidad Nacional de Catamarca a través de diferentes proyectos financió parcialmente esta investigación. El CIN proporcionó una beca de Estímulo a la Investigación (2018-2019). Este trabajo forma parte de la tesis de licenciatura de la primera autora. A la alfarera Estela Moreno por su invaluable aporte a esta investigación en las etapas de experimentación. Los comentarios realizados por dos evaluadores anónimos ayudaron a mejorar sustancialmente el manuscrito.

Bibliografía

- Acevedo, V.; López, M.; Freire, E.; Halac, E.; Polla, G. y Reinoso, M. (2012). Estudio de pigmentos en alfarería negro sobre rojo de Quebrada de Humahuaca, Jujuy, Argentina. *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino*, 17 (2), 39-51. Santiago de Chile. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-68942012000200004>
- Acevedo, V.; López, M.; Freire, E.; Halac, E.; Polla, G.; Reinoso, M. y Marte, F. (2015). Caracterización arqueométrica de pigmentos color negro de material cerámico de la Quebrada de Humahuaca, Jujuy, Argentina. *Chungará*, 7 (2), 229-238. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-73562015005000026>
- Ali, S.; Pérez, M.; Carbonera, M.; Bozzano, P. y Domínguez, S. (2017). Pigmentos de la alfarería Tupiguaraní: análisis físico-químico MEB-EDX. *Pesquisas, Antropología*, 73, 31 – 51. <http://hdl.handle.net/11336/74213>
- Baldini M., Cremonte, M. B., Botto, I. y Díaz, A. M. (2005). De felinos pastas y pigmentos. La cerámica de Choya 68 desde una perspectiva arqueométrica. En S. E. Martín y M. E. Gonaldi (Eds.), *La cultura de la Aguada y sus expresiones regionales* (pp. 87-105). EUDELAR, SECyT, Universidad Nacional de La Rioja, La Rioja.
- Barón, D. y Palmer, C. (1996). Solubility of jarosite at 4-35°C. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60(2), 185-195. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(95\)00392-4](https://doi.org/10.1016/0016-7037(95)00392-4)
- Barrionuevo, O. (1972). Investigaciones arqueológicas en Nana Huasi, Ancasti. *Cuadernos de Antropología Catamarqueña*, 4, 3-17.
- Bernardini, S., Bellatreccia, F., Casanova Municchia, A., Della Ventura, G. y Sodo, A. (2019). Raman spectra of natural manganese oxides. *Journal of Raman Spectroscopy*, 50 (6), 873-888. <https://doi.org/10.1002/jrs.5583>
- Bernardini, S., Bellatreccia, F., Della Ventura, G., Balliano, P. y Sodo, A. (2020). Raman spectroscopy and laser-induced degradation of groutellite and ramsdellite, two cathode materials of technological interest. *Royal Society of Chemistry Advances*, 10, 923-929. <https://doi.org/10.1039/C9RA08662E>
- Bersani D. y Lottici P. (2016). Raman spectroscopy of minerals and mineral pigments in archaeometry. *Journal of Raman Spectroscopy*, 47, 499-530. <https://doi.org/10.1002/jrs.4914>
- Bertolino S., Galván, V., Carreras, A., Laguens, A., De La Fuente, G. y Riveros, J. (2008). X-ray techniques applied to surface paintings of ceramic pottery pieces from Aguada Culture (Catamarca, Argentina). *X-Ray Spectrometry*, 38, 95-102. <https://doi.org/10.1002/xrs.1124>
- Bugliani, M. F.; Di Lello, C.; Freire, E.; Polla, G.; Petragalli, A.; Reinoso, M. y Halac, E. (2012). Empleo de espectroscopia Raman, Difracción de Rayos X y microscopia electrónica para el análisis de pigmentos en cerámicas Vaquerías. *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino*, 17 (2), 65-74. Santiago de Chile. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-68942012000200006>
- Centeno, S., Williams, V., Little, N. y Speakman, R. (2012). Characterization of surface decorations in Prehispanic archaeological ceramics by Raman spectroscopy, FTIR, XRD, and XRF. *Vibrational Spectroscopy*, 58, 119-124. <https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2011.11.004>
- Coll Conesa, J. (2000). Aspectos de tecnología de producción de la cerámica ibérica. *III Reunión sobre Economía en el Mónibèric. SAGVNTVM-PLAV, Extra-3*, 191-209. <https://ojs.uv.es/index>

[php/saguntumextra/article/view/2862/2441](http://saguntumextra/article/view/2862/2441)

- Cremonte, M. B. y Bugliani, F. (2006-2009). Pasta, forma e iconografía. Estrategias para el estudio de la cerámica arqueológica. *Revista Xama*, 19 (23), 239-262.
- Cremonte, M. B., Baldini, M. y Botto, I. (2003). Pastas y colores. Un camino al conocimiento del estilo Portezuelo de Aguada. *Intersecciones en Antropología*, 4, 3-16.
- Cremonte, M. B., Baldini, M. y Díaz, A. M. (2004). Caracterización petrográfica de una muestra de pastas Aguada. Variaciones de manufactura y tipologías. *Chungará*, 36, Volumen especial 2, 697-709. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-73562004000400014>
- De Benedetto, G. E., Nicoli, S., Penneta, A., Rizzo, D., Sabbatini, L. y Mangone, A. (2011). An integrated spectroscopic research to investigate pigments and engobes on pre-Roman pottery. *Journal of Raman Spectroscopy*, 42 (6), 1317-1323. <https://doi.org/10.1002/jrs.2845>
- de Faria, D. L. A., Silva, S. V. y de Oliveira, M. T. (1998). Raman microspectroscopy of some iron oxides and oxyhydroxides. *Journal of Raman Spectroscopy*, 28 (11), 873-878. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4555\(199711\)28:11<873::AID-JRS177>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4555(199711)28:11<873::AID-JRS177>3.0.CO;2-B)
- De La Fuente, G. A., Kristcautzky, N., Toselli, G. y Riveros, A. (2005). Petrología cerámica comparativa y análisis composicional de las pinturas por MEB - EDS de estilo Aguada Portezuelo (ca. 600-900 DC) en el valle de Catamarca (Noroeste Argentino). *Estudios Atacameños*, 30, 61-78. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-10432005000200004>.
- De La Fuente, G. y Pérez 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. y Pérez Martínez, J. (2018). Ancient potters, paintings and craft specialization in northwestern argentine region: new data through Raman characterization of pre-and postfiring ceramics paintings on Aguada Portezuelo Ceramics from Middle Period (Catamarca, Argentina). *Archaeological and Anthropological Science*, 11, 2293-2308. <https://doi.org/10.1007/s12520-018-0676-9>
- De La Fuente, G.; Josa, V. G.; Castellano, G.; Limandri, S.; Vera, S. D.; Días, J. F.; Suárez, S.; Bernardi, G. y Bertolino, S. (2020). Chemical and mineralogical characterization of Aguada Portezuelo pottery from Catamarca, north-western Argentina: PIXE, XRD and SEM-EDS studies applied to surface pre- and post-firing paints, slips and pastes. *Archaeometry*, 62 (2), 247-266. <https://doi.org/10.1111/arcm.12517>
- Freire, E., Acevedo, V., Halac E., Polla, G., López, M. y Reinoso, M. (2016). X-ray diffraction and Raman spectroscopy study of white decorations on tricolored ceramics from Northwestern Argentina. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 157, 182-185. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2015.12.030>
- González, A. (1997). *La Aguada. Arqueología y diseños*. Filmediciones Valero.
- González Vilches, M. C., González García, F. García Ramos, G. y González Rodríguez, M. (1988). Estudio arqueométrico de pigmentos de algunas piezas cerámicas de Cerro Macareno (Sevilla). *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 27 (2), 73-80. <http://hdl.handle.net/10261/86494>
- Goodall, R., Hall, J., Viel, R. y Fredericks, P. (2009). A spectroscopic investigation of pigment and ceramic samples from Copán, Honduras. *Archaeometry*, 51(1), 95-109. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2007.00382.x>
- Gordillo, I. (2009). Dominios y recursos de la imagen. Iconografía cerámica del valle de Ambato. *Estudios Atacameños*, 37, 99-121. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-10432009000100007>
- Guthe, R. (1925). *Pueblo Pottery Making: A Study at the Village of San Ildefonso*. Yale University Press. <https://archive.org/details/pueblopottery00guth/page/n77/mode/2up?view=theater>
- Haber, A. (1992). La Aguada en el Valle de Catamarca. Detección y características de sitios en la cuenca Coneta-Miraflores (Huillapima, Capayán, Catamarca, Argentina). *Revista del Museo Regional de Atacama*, 4, 71-83.
- Kriscautzky, N. y Lomaglio, D. (2000). ¿Aguada o Aguadas? en el Valle de Catamarca. *IV Mesa Redonda sobre la Cultura de La Aguada y su dispersión*. San Pedro de Atacama. Octubre 2000. <http://www.geocities.ws/aguadamesaredonda/oaguadas/oaguadas.html>
- Kriscautzky, N. y Togo, J. (1996). Prospección arqueológica en el Valle Central de Catamarca. Departamentos Valle Viejo, Capital, Fray Mamerto Esquiú, Paclín y Ambato. En Actas y Memorias de XI Congreso de Arqueología Argentina (13° parte). *Revista del Museo de Historia Natural de San Rafael*, 25(1/4), 141-153. San Rafael, Mendoza.
- Kusch, M. F. (1996-1997). Estructura y diseño en la cerámica

- Portezuelo. III Mesa Redonda sobre la cultura de la Aguada y su dispersión. *Shincal*, 6, 241-248.
- Lafone Quevedo, S. (1892). Catálogo descriptivo e ilustrado de las Huacas de Chañar-Yaco (Provincia de Catamarca). *Revista del Museo de La Plata*, 2, 353-360. <https://publicaciones.fcnym.unlp.edu.ar/rmlp/article/view/1086/183>
- Lemonnier, P. (1992). *Elements for an Anthropology of Technology*. Museum of Anthropology, Michigan. <https://doi.org/10.3998/mpub.11396246>
- López, M., De La Fuente, G. y Fiore, D. (2012). Arqueometría del arte: estudios fisicoquímicos de pigmentos arqueológicos. *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino*, 17 (2), 75-81. Santiago de Chile. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-68942012000200007>
- Marte, F.; Acevedo, V. y Mastrangelo, N. (2012). Técnicas arqueométricas combinadas aplicadas al análisis de diseños de alfarería "tricolor" de Quebrada de Humahuaca, Jujuy, Argentina. *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino*, 17 (2), 53-64. Santiago de Chile. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-68942012000200005>
- Morgado A., Baena, J. y García González, D. (Eds.). (2011). *La investigación experimental aplicada a la arqueología*. Imprenta Galindo. España.
- 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 Ancastí (Provincia de Catamarca)*. San Fernando del Valle de Catamarca: CENEDIT, UNCa.
- Nazar, D. C. (2010). El sitio La Viñita. Curso medio del Río del Valle, Provincia de Catamarca. *9nas Jornadas de Humanidades – Simposio: Bicentenario de Mayo. Aportes Científicos desde Humanidades (CD Rom)*. Facultad de Humanidades, UNCA.
- Nazar, D. y De La Fuente, G. (2016). Acerca de la cerámica Aguada Portezuelo del valle de Catamarca y la sierra de Ancastí. *Comechingonia*, 20 (2), 153-188. <https://doi.org/10.37603/2250.7728.v20.n2.18048>
- Orton, C. Tyers, P. y Vince, A. (1997). *La cerámica en arqueología*. Crítica. España.
- Palamarczuk, V., Tomasini, E., Zalduendo, M. M., Porto López, J. M. y Fuertes, M. C. (2020). Compositional study of slips and paintings in San José and Santa María pottery (Yocavil valley, Northwest Argentina): an approach by non-destructive and complementary techniques. *Rendiconti Lincei. Scienz e Fische e Naturali*, 31 (2), 461-472. <https://doi.org/10.1007/s12210-020-00890-1>
- Petek, E., Sesto, A. y Marengo, V. (1972). *Elementos de la cultura Aguada, comunes en el área aledaña a la ciudad de Catamarca (Valles de Ambato y Catamarca)*. MS.
- 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: Reports*, 12, 553-560. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.03.007>
- Puente, V., Porto López, J. M., Desimone, P. M., and Botta, P. M., (2019). The persistence of the black colour in magnetite-based pigments in prehispanic ceramics of the argentine northwest. *Archaeometry*, 61 (5), 1066-80. <https://doi.org/10.1111/arcm.12476>
- Ratto, N., Reinoso, M., Basile, M., Freire, E., Halac, E. B. (2020). Archaeometrical characterization of pigments and paintings on Pre-Hispanic pottery from the regions of Fiambalá and Chaschuil (Catamarca, Argentina). *Archaeometry*, 62 (6), 1216-1234. <https://doi.org/10.1111/arcm.12591>
- Rice, P. (2005). *Pottery analysis. A sourcebook*. The University of Chicago Press.
- Serrano, A. (1958). *Manual de la Cerámica Indígena*. Assandri. Córdoba, Argentina.
- Shepard, A. (1956). *Ceramics for the Archaeologist*. Carnegie Institution of Washington, Washington D. C. <https://www.semanticscholar.org/paper/Ceramics-for-the-archaeologist-Shepard/1272fa94d943ceaab2f579410eed084a5935edca>
- Tomasini, E., Palamarczuk, V., Zalduendo, M. M., Halac, E. B., Porto López, J. M. y Fuertes, M. C. (2020). The colors of San José pottery from Yocavil valley, Argentine Northwest. Strategy for the characterization of archaeological pigments using non-destructive techniques. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 29, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.102123>
- Van der Weerd, J., Smith, G, Firth, S. y R. Clark. (2004). Identification of black pigments on prehistoric Southwest American potsherds by infrared and Raman microscopy. *Journal of Archaeological Science*, 31, 1429-1437. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2004.03.008>
- Zagorodny, N.; Balesta, B.; Zalba, P. y Morosi, M. (2002). La confección de pigmentos en la producción de cerámica arqueológica (La Aguada, Catamarca, Argentina). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 27, 177-192. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/24997>