MUNDO DE ANTES | Volumen 19 | 2025 | ISSN 2362-325X | Artículos; e317, DOI:10.59516/mda.v19.317

Análisis composicional y micromorfológico de los adobes del Molino Histórico de Payogasta (siglos XIX-XX, Salta, Argentina)

Compositional and micromorphological analysis of adobes from the Payogasta Historic Mill (19th-20th centuries, Salta, Argentina)

Pablo José Pifano [a]
https://orcid.org/0000-0002-0193-656X

Celeste D'Andrea [b]
https://orcid.org/0009-0009-5265-7083

María Cecilia Páez [c]
https://orcid.org/0000-0001-6405-9202

a Facultad de Artes, Universidad Nacional de La Plata, Diag. 78 680 (1900), La Plata, Buenos Aires, ARGENTINA. Correo electrónico: pablopifano12.91@gmail.com

b Centro de Investigaciones Geológicas, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Diag. 113 y 64 (1900), La Plata, Buenos Aires, ARGENTINA: Correo electrónico: cdandrea@cig.museo.unlp.edu.ar

c División Arqueología del Museo de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Anexo Museo, Av. 122 y 60 (1900), La Plata, Buenos Aires, ARGENTINA. Correo electrónico: ceciliapaez@gmail.com

Recepción del manuscrito: Enero 15, 2025 / Aceptación: Agosto 04, 20245/ Publicado: Octubre 28, 2025.

Resumen

El Molino Histórico de Payogasta (Salta) se utilizó para la molienda, principalmente de trigo y maíz, durante los siglos XIX y XX. Las seis habitaciones que componen el edificio están construidas con adobe y un revoque que favorece su preservación. En 2017 se inició el estudio del sitio y, como parte de él, se tomaron cuatro muestras de la mampostería de adobe y una del revoque, con la intención de caracterizar el proceso constructivo a partir de su análisis mineralógico y micromorfológico. Los resultados indican que la composición de los adobes estaría dada por: a) el predominio de una matriz de textura franca, b) bajo a moderados contenidos de la fracción limo-arcillosa y c) la adición de materia vegetal para favorecer su cohesión. Por su parte, de la comparación entre distintos sectores de los muros se deriva su carácter contemporáneo. Para el caso del revoque, predomina el carbonato de calcio como principal componente, que se mezcló con barro. Este estudio contribuye al conocimiento de la arquitectura de adobe del Valle Calchaquí, al tiempo que destaca el potencial de los estudios micromorfológicos para resolver problemas arqueológicos.

Palabras clave: molino histórico; análisis micromorfológico; arquitectura de adobe; Noroeste Argentino

Abstract

The Historic Mill of Payogasta (Salta) was used for milling, mainly wheat and corn, during the 19th and 20th centuries. The six rooms that make up the building are built with adobe bricks and a plaster that favors its preservation. In 2017, the study of the site was initiated and, as part of it, four samples of adobe masonry and one sample of plaster were taken with the intention of characterizing the constructive process, from its mineralogical and micromorphological analysis. The results indicate that the composition of the adobes is given by: a) the predominance of a loamy textured matrix, b) low to moderate contents of the silt-clay fraction and c) the addition of vegetal matter to favor its cohesion. On the other hand, the comparison between different sectors of the walls shows their contemporary character. In the case of the plaster, calcium carbonate predominates as the main component, which was mixed with mud. This study contributes to the knowledge of the adobe architecture of the Calchaquí Valley, while highlighting the potential of micromorphological studies to solve archaeological problems.

Keywords: historical mill; micromorphological analysis; adobe architecture; Northwestern Argentina

Introducción

El estudio de la arquitectura colonial y poscolonial del Noroeste argentino correspondiente a los siglos XVIII y XIX requiere conocer, de manera combinada, la población del lugar y las características particulares del medio ambiente, árido y seco (Gómez, 1998). Arquitectónicamente, las habitaciones se estructuran alrededor de uno, dos o tres patios. Por otra parte, predominan las construcciones realizadas con cimientos de canto rodado que forman el zócalo del muro. El adobe, aún vigente en algunas comunidades actuales, es el elemento más utilizado para levantar los muros (Viñuales, 1991). Para elaborarlo se mezcla tierra y paja con agua, pudiendo incluir también crin y guano de caballo, y hasta lana de oveja para darle más resistencia, dependiendo de las posibilidades del medio. La combinación, endurecida al aire libre, da lugar a los adobes individuales, que se integran a muros con el fin de lograr edificaciones de diferentes características y funcionalidades (Escalante & Piñeiros, 2022).

Una de las desventajas de este material es la baja resistencia a la compresión, lo que impacta en su duración en el tiempo y en la posibilidad de resistir las inclemencias meteorológicas, así como en la respuesta ante los sismos, que en algunos lugares del área andina son particularmente intensos. Ello afecta su vida útil debido a que las fluctuaciones en los gradientes térmicos y los procesos de humedad y secado producto de las condiciones climáticas, pueden generar grietas y fisuras. Ante esta condición, es posible mejorar la resistencia a partir de la elección de suelos que posean determinadas características composicionales, de la utilización de aditamentos naturales, y del control de la humedad en el proceso de mezclado (Spengler & Ratto, 2020; Rivera Salcedo et al., 2021). Lograr un adecuado equilibrio entre sus componentes es fundamental para el éxito constructivo de este tipo de edificaciones. Existen en este sentido tres situaciones de riesgo: a) si el contenido de arcilla es excesivo, el material puede resquebrajarse y fracturarse; b) si el exceso es de arena, no se genera la suficiente interacción entre las partículas y el bloque se desmorona y c), si lo que abunda es la materia vegetal, se obtienen adobes poco resistentes y susceptibles al efecto de la humedad (Puy-Alquiza et al., 2022). Una estrategia a emplear en el caso de que las características geológicas más inmediatas no admitan una selección adecuada del suelo a utilizar, radica en la construcción de muros mucho más gruesos que los habituales en una construcción de tipo industrial, de entre 45 y 90 cm.

El ciclo de vida de estas edificaciones puede ir desde algunas decenas hasta cientos de años, dependiendo de las tareas de mantenimiento y reparación que se practiquen sobre la estructura (Correia, 2007). Una de las técnicas utilizadas para brindar protección y durabilidad y, por lo tanto, para extender su vida útil consiste en revestirlas o revocarlas con barro o pintura a la cal (agua y cal) y arena. En ocasiones, a la pintura a la cal se le

suele agregar mucílago de cactáceas, leche o grasa derretida, los cuales, al secarse sobre el revoque, producen una película impermeable y con mayor adherencia. Si bien en los Valles Calchaquíes predomina la pintura a la cal blanca, pueden aparecer otros colores como el rosa o el añil (Gómez, 1998).

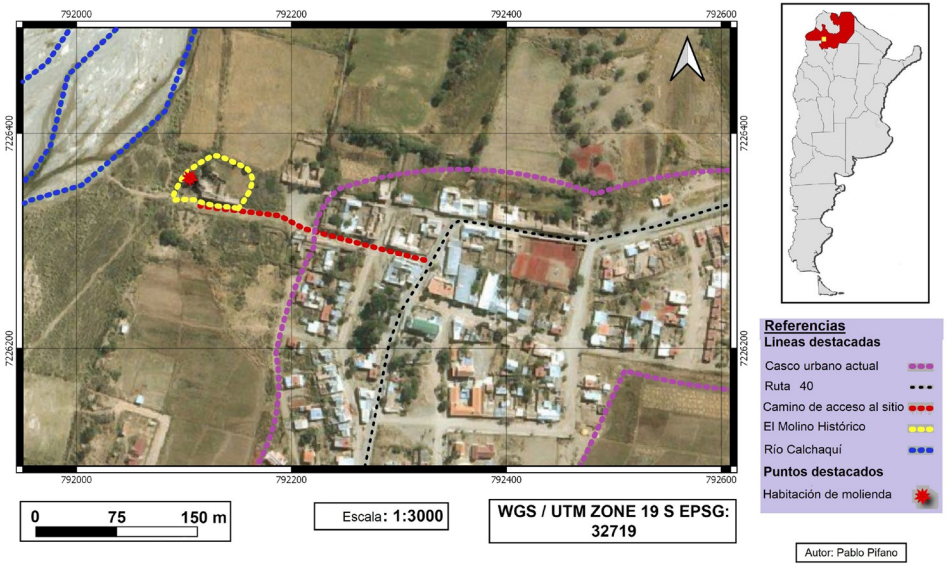
En lo que respecta a los techos, se utilizan para sostenerlos vigas de madera, normalmente de algarrobo *(Neltuma sp.)* y en menor medida de chañar (*Geoffroea decorticans*). El álamo (*Populus sp*.) es utilizado para techos livianos. Otra madera empleada, por su resistencia y flexibilidad, es el cardón (*Trichocereus terscheckii y Cereus pascana*). Por encima de las vigas se coloca un entablonado de madera de cardón, un entramado paralelo de cañas huecas atadas entre sí con tientos, o ramas de jarilla (*Larrea sp.*). Las cubiertas son fundamentalmente de torta de barro (ejecución de una serie de capas contiguas de tierra en estado plástico, de un espesor aproximado de 10 cm, con una capa superior de desgaste); en menor medida se utiliza el guayado (manojo de paja brava embebida en barro viscoso que se coloca sobre el techo formando filas horizontales continuas que se superponen en vertical). Las tejas coloniales, si bien son un rasgo a destacar, aparecen en baja frecuencia. Por su parte, las columnas de madera, más frecuentes entre los siglos XVII y XVIII, fueron posteriormente reemplazadas por las columnas de mampostería (adobe o ladrillo), lo cual responde a la escasez de árboles de gran porte que se pudieran emplear para este fin (Gómez, 1998; Vilariño, 2019).

La presencia de arcadas entre las columnas de adobe es otro de los rasgos constructivos típicos; existe una gran variedad de formas: arcos de medio punto, ojivales, rectilíneos agudos, inflexionados, carpaneles, rebajados, entre otros. Los dinteles para los vanos de las puertas y ventanas son de madera dura, cardón u hormigón, rectos o ligeramente curvos en caso de ser de madera, aprovechando la curvatura natural del material orgánico. En la actualidad están a la vista, pero en el pasado se los ocultaba con revoque. Normalmente los vanos son poco frecuentes en este tipo de construcciones, al igual que las ornamentaciones (Gómez, 1998; Rotondaro, 1988; Tomasi & Barada, 2020, 2021; Vilariño, 2019).

El molino de Payogasta es un edificio histórico que funcionó durante los siglos XIX y XX en el sector norte del Valle Calchaquí (Figura 1). Ubicado en la localidad de Payogasta, en el centro-oeste de la provincia de Salta (Argentina), representa una de las instalaciones destinadas a la molienda, utilizada no sólo por los pobladores del lugar, sino también por vecinos de parajes cercanos, o aún más distantes como es el caso de San Antonio de los Cobres (Pifano, 2024; Pifano et al., 2022a). Su arquitectura, como el resto de los edificios contemporáneos, está levantada a partir de ladrillos de adobe cubiertos por una capa de revoque. A pesar de la importancia y vigencia de esta tecnología, no hay prácticamente estudios al respecto para la región. Se desconoce la composición de los adobes en cuanto

a las características de los suelos utilizados, la presencia o ausencia de aditamentos, el grado de selección de las partículas o las distintas técnicas empleadas en el proceso de manufactura. Por lo tanto, como parte de un estudio más amplio del molino, en el marco de la tesis doctoral del primer autor (Pifano, 2024), se tomaron muestras de los mampuestos de adobe y revoques y se las sometió a un análisis mineralógico y micromorfológico a fin de caracterizar la estructura y comparar sus diferentes sectores. La pertinencia de esta metodología radica en que se trata de materiales derivados del suelo y modificados por acción humana (Gama-Castro et al., 2012).

Figura 1: Localización del Molino Histórico de Payogasta (Salta, Argentina).



Características geológicas del área de estudio

El Valle Calchaquí conforma una depresión tectónica de primer orden, flanqueada por altas cordilleras nevadas. Resulta de la tensión entre dos placas tectónicas que se extienden de norte a sur por el oeste de Tucumán, el noroeste de Catamarca y el suroeste de Salta, recorriendo 520 km. Se ubica entre las provincias geológicas de la Cordillera Oriental, por el norte, y las Sierras Pampeanas, por el sur (Salfity, 1985), entre los 24° 30' y 26° 30' de latitud sur y 66° 20' de longitud oeste.

La geología del Valle está definida a partir de la Formación Puncoviscana y la

Formación Cachi. La primera de ellas está compuesta por pelitas, areniscas, grauvacas y cuarcitas, afectadas por un metamorfismo regional de bajo grado que generó filitas, pizarras y esquistos (Méndez et al., 2006) ubicados cronológicamente entre el Precámbrico superior y el Cámbrico inferior (Aceñolaza et al., 1999). La Formación Cachi fue descripta por Turner (1960) en relación a intrusivos plutónicos presentes en las metamorfitas de la Formación Puncoviscana en los nevados de Palermo y de Cachi, compuesta por trondhjemitas, tonalitas y granitos (Quartino, en Turner, 1964; Toselli, 1992). A esta conformación, que representa la mayor parte de la columna estratigráfica, se suman secuencias sedimentarias del Cretácico y del Terciario en las zonas bajas del valle (Méndez et al., 2006; Salfity, 2004), junto a depósitos cuaternarios de origen fluvioglaciar, aluvial y coluvial cuya dinámica se relaciona con la dinámica de los ríos (Paoli et al., 2002), además de otros de origen lacustre (Salfity, 2004).

El desarrollo de suelos clasificados como Fluvisoles calcáreos (Nadir & Chafatinos, 1990), y la provisión de agua a partir del deshielo de los picos nevados fueron fundamentales para el desarrollo agrícola (Cuevas, 2014). El curso de agua más importante del Valle es el río Calchaquí, que tiene sus nacientes al Sureste del Nevado de Acay y escurre con sentido regional Norte-Sur; atraviesa 220 km por los departamentos de Cachi, La Poma, Molinos, San Carlos y Cafayate (Hongn et al., 2001).

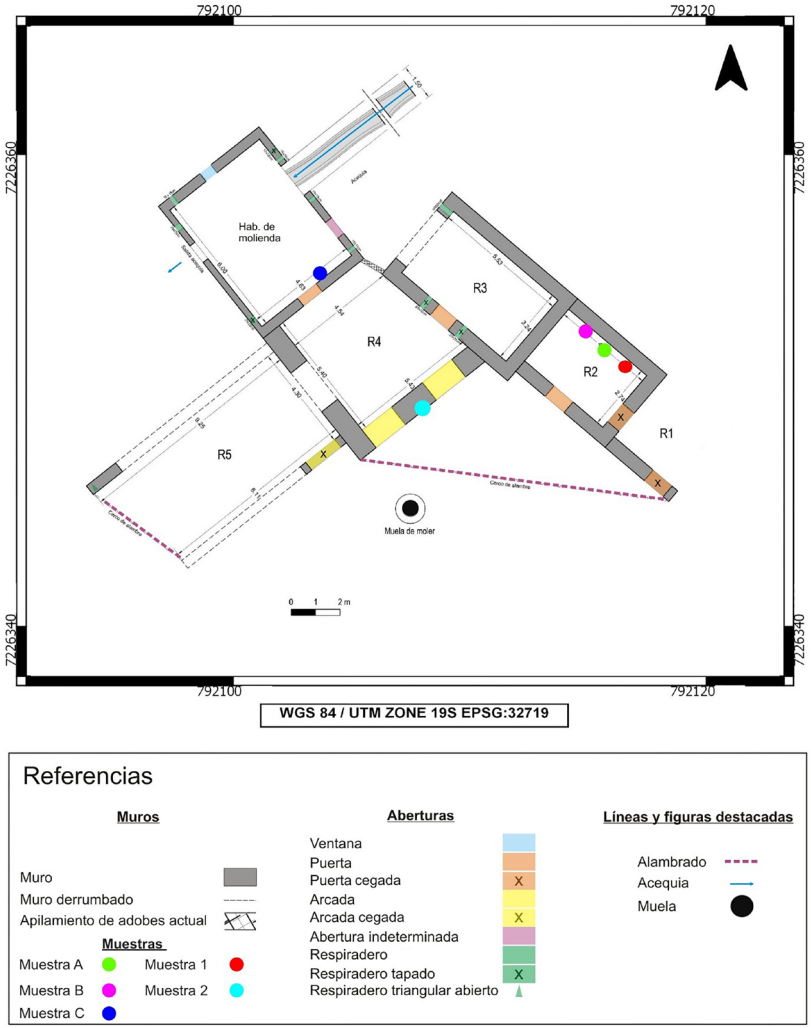
La arquitectura del Molino Histórico de Payogasta

El Molino Histórico de Payogasta es una estructura de funcionamiento hidráulico, ubicada a unos escasos 70 m del río Calchaquí, desde donde provenía el agua que, a través de una acequia, aportaba la energía cinética necesaria para hacer girar el eje que activaba la fricción de las muelas. Este tipo de instalaciones fue fundamental en la temprana sociedad colonial para proveer la dieta de los españoles de productos occidentales, dentro de los cuales la harina de trigo era uno de los más importantes. En los siglos posteriores, la pujante industria harinera fue tomando un lugar preponderante en la nueva configuración económica americana (Rojas Rabiela et al., 2014); ella se consolidó más tarde como uno de los pilares principales del modelo agroexportador (Martirén & Rayes, 2016).

El molino se compone de seis habitaciones (Figura 2) destinadas a diferentes funciones relacionadas con la molienda. Una de ellas alojaba la maquinaria propiamente dicha (R6), que permitía el procesamiento de los granos y la obtención de las harinas, y las otras eran utilizadas para albergar a los viajeros, realizar las transacciones comerciales, almacenar la harina, entre otros fines; esto último pudo corroborarse a partir de la excavación de una

de ellas (R2). Las investigaciones realizadas a partir de 2017 permitieron precisar, entre otras cosas, el período en el que funcionó el molino, esto es, entre mediados del siglo XIX y finales del XX, así como el tipo de productos molidos –trigo, maíz y pimiento- (Pifano, 2024; Pifano & Páez, 2020; Pifano et al., 2022a, 2022b, 2022c; Pifano et al., 2023).

Figura 2: Plano del Molino Histórico de Payogasta, con la distribución de las habitaciones y los muros de los cuales se obtuvieron las muestras sedimentarias bajo estudio.



A partir del relevamiento arquitectónico del sitio se pudo determinar que las paredes de todas las habitaciones fueron construidas con adobe y cimientos de cantos rodados hasta la altura de los zócalos. Se trata de muros gruesos, de entre 40 y 60 cm, y aberturas, algunas de ellas clausuradas con dinteles de cardón o algarrobo. Los techos, hoy mayoritariamente caídos, estuvieron sostenidos por vigas de algarrobo, muchas de las cuales aún se conservan en su posición original. En el caso de la habitación de molienda, esas vigas sostienen una estructura de paja y barro, por lo que se infiere que esta podría ser la técnica utilizada en los otros recintos también.

Los mampuestos utilizados en la edificación tienen forma rectangular, con una longitud horizontal de entre 40 y 50 cm y un ancho de entre 20 y 30 cm. El espesor también es variable, entre 10 y 13 cm. En algunos recintos se advierte una combinación de medidas; se pudo identificar en este sentido que los adobes de menores dimensiones corresponden a remodelaciones más recientes. De todas maneras, los procesos de erosión que afectan las superficies expuestas, mayormente lixiviadas por acción del agua, dificultan precisar hasta qué punto las variaciones solo responden a diferencias estructurales en la constitución de los adobes. Por otro lado, a simple vista, se pueden observar elementos atípicos en su composición, que seguramente estaban contenidos en el sedimento utilizado para elaborarlo, como fragmentos de vidrio, pezuñas de rumiantes, restos óseos de animales, marlos de maíz y carozos de durazno, entre otros. Los muros de adobe están cubiertos por una superficie delgada de color azulado que constituye el revoque del muro, útil a los fines de preservar las paredes de los factores climáticos, que también pudo tener una finalidad estética.

Metodología

Con el fin de abordar los objetivos mencionados, se seleccionaron cuatro muestras de la mampostería recuperadas de diferentes muros de la estructura, y una muestra del revoque utilizado para el revestimiento de los adobes (Tabla 1, Figura 3). Se procuró que estuvieran representados los espacios de mayor relevancia para el funcionamiento del molino. Tal es el caso de una de las habitaciones excavadas (R2), la habitación de ingreso (R4) -en la que los revoques están mejor conservados-, y la habitación de molienda (R6). Así, tres de las muestras (muestras A, B y 1) se extrajeron del recinto dos (R2), específicamente del interior de la habitación (muro interno NE) cuyo techo está derrumbado, si bien los muros se encuentran en buen estado de conservación. Las demás muestras fueron obtenidas, por una parte, del recinto cuatro (R4), en su muro SE (muestra 2), que no tiene techo en la actualidad y tampoco lo habría tenido en el pasado; por otra,

del interior del recinto seis (R6), en su porción SE, que contiene la maquinaria de molienda (muestra C) y está techado en su totalidad. El R2 es el único recinto excavado hasta el momento, por lo que su mayor representatividad en el muestreo se relaciona con la posibilidad de resolver otros aspectos relacionados con la funcionalidad y características constructivas de esta habitación.

La extracción se realizó en seco en todos los casos, a partir de cubinas metálicas de 7 cm de diámetro y 3 cm de altura. Las muestras fueron cuidadosamente depositadas en bolsas plásticas, selladas herméticamente para evitar que puedan humedecerse, etiquetadas y resguardadas en cajas rígidas para su traslado al laboratorio de análisis, evitando los cambios bruscos de humedad y la exposición a la luz (Rivera Torres, 2012).

En el laboratorio, previo a la preparación de las láminas delgadas, se llevó a cabo un ensayo experimental donde se analizó la efervescencia de los carbonatos de acuerdo a lo propuesto por el Soil Conservation Service (1984), aplicando ácido clorhídrico (HCl) diluido al 10% sobre los sedimentos. Esto permite detectar la presencia e intensidad de carbonatos, ya que el ácido y los carbonatos reaccionan liberando agua y dióxido de carbono que se manifiesta en la forma de burbujas. De acuerdo a esto se define la reacción como baja, moderada o alta.

Tabla 1: Sectores de donde se obtuvieron las muestras en el Molino Histórico de Payogasta (habitación, muro dentro de la misma y sector interno o externo).

Muestra	Tipo de material	Habitación/Muro	Sector (interno/externo)
A	Adobe	R2 (NE)	Interno
B	Adobe	R2 (NE)	Interno
C	Adobe	R6 (SE)	Interno
1	Revoque	R2 (NE)	Interno
2	Adobe	R4 (SE)	Externo

Figura 3: Muros de los cuales se obtuvieron las muestras: (a) muro interno del recinto dos donde se obtuvieron las muestras A, B y 1; (b) muro interno del recinto cuatro del que se obtuvo la muestra 2; (c) muro interno de la habitación de molienda o recinto seis donde se obtuvo la muestra C**.**

Con posterioridad a ello se realizaron un total de cinco cortes delgados, uno por cada muestra tomada, para lo cual fue necesario impregnarlos al vacío con resina epóxica (con índice de refracción 1,64), que al polimerizarse produce un bloque compacto que conserva su estructura; luego se continuó el proceso de corte y pulido hasta desgastarla a 30 micrones. Las observaciones fueron realizadas con microscopio óptico de polarización Nikon Eclipse E-200 POL, con aumentos de 40x y 100x, en el Laboratorio de Petrografía del Centro de Investigaciones Geológicas (CIG) de la Universidad Nacional de La Plata.

En cada corte delgado se determinó la mineralogía y micromorfología de acuerdo a Bullock et al. (1985), y modificaciones posteriores (Stoops, 2003; Stoops et al., 2010). Los diferentes tamaños granulométricos se obtuvieron utilizando la escala de Udden-Wentworth (Wentworth, 1922), que mide desde una granulometría de arcilla (con diámetro menor de 1/256 mm) hasta el tamaño bloque (diámetros mayores a 256 mm), con una variedad de registros intermedios. A los fines de una mejor comparación entre muestras, también se utilizó la escala Phi (Krumbein, 1934), que convierte la escala de diámetros en mm en una escala aritmética (-1, 0, 1, 2, 3, 4), donde las partículas más pequeñas tienen signo positivo y las más grandes, negativo.

Las variables consideradas en el análisis incluyeron la relación entre los componentes gruesos o esqueleto (arenas finas, medias y gruesas) y los finos o plasma (componentes coloidales que actúan como matriz o cemento de los granos más gruesos), sus respectivos porcentajes y el límite gruesos/finos (basado en la escala granulométrica Phi). Además, se observó el patrón de distribución de la masa basal, las microestructuras y la presencia de vacíos o poros de granos y agregados, como así también pedorasgos asociados. La consideración de estas variables permite conocer la estructura del material constructivo de los adobes, es decir, el suelo del que se obtuvo la materia prima y las relaciones de los granos que lo constituyen. Para la descripción de las muestras partimos de la premisa de que las mismas fueron intervenidas antrópicamente, es decir, que se trató de un suelo perturbado (Gama-Castro et al., 2012).

Resultados

Muestra A

La muestra A, con anterioridad a su observación en microscopio, mostró una presencia moderada de carbonatos frente a la adición de ácido clorhídrico. El corte delgado (Tabla 2, Figura 4) es heterogéneo; en relación con los tamaños de grano, predominan los de AF: arena fina (250-125 μm) y AMF: arena muy fina (125-62 μm) por sobre los valores correspondientes a la AM: arena media (500-250 μm). Tomando como referencia la escala granulométrica Phi, se estima una relación de material grueso a fino (g/f) de 80/20, considerando un límite de 3 (limite arena fina y arena muy fina) o 0,125 mm.

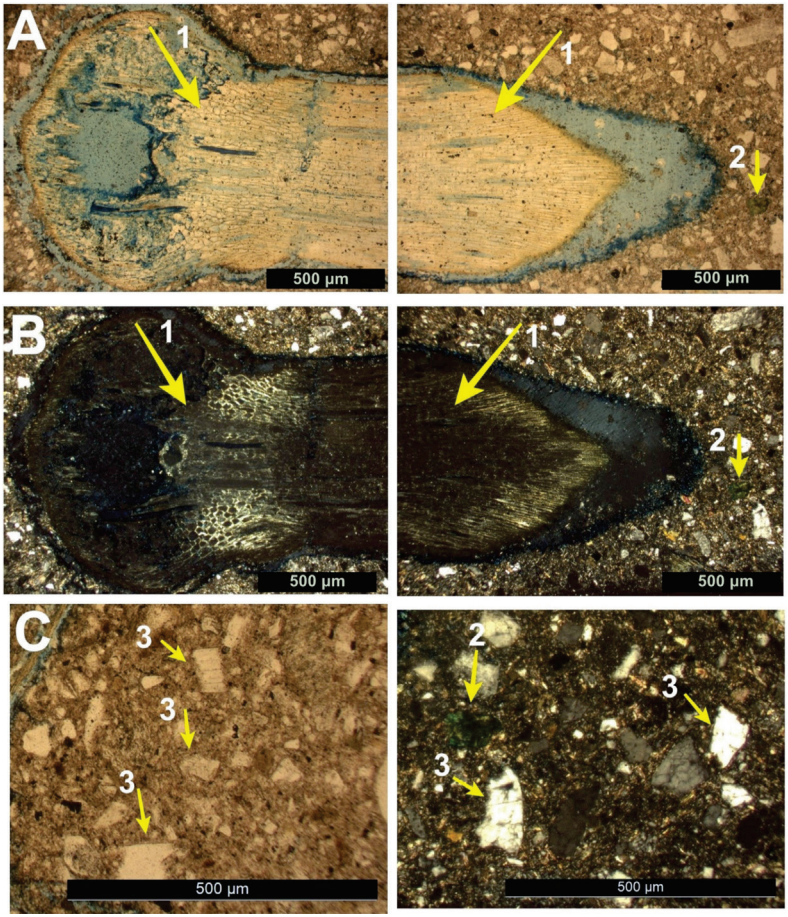
El material grueso o esqueleto del suelo (80%) está integrado principalmente por componentes minerales y orgánicos, moderadamente seleccionados. Dentro de los minerales se observa, en gran medida, cuarzo monocristalino y policristalino, con bordes sub-angulares a angulares y una alteración moderada, plagioclasas con maclas polisintéticas alteradas, feldespatos potásicos como microclino maclado en forma de enrejado, muscovitas con un grado medio de alteración y en menor medida, biotitas. También se identificaron minerales opacos, y de alteración como clorita, nódulos de hierro y manganeso, así como agregados granulares de material más fino bien diferenciados. En la muestra abundan los componentes orgánicos, identificados a partir del corte transversal de material celular vegetal, así como de fibras distribuidas en toda la lámina.

Con respecto al plasma (20%) presenta un patrón de distribución porfírica simple, muy heterogénea y alterada, con sectores carbonatados. Las cavidades o espacios vacíos, grietas y cámaras dan cuenta de la porosidad del conjunto, que podría estar vinculada con la presencia de material vegetal, ya que en su mayoría están rodeando o reemplazando a las fibras.

Muestra B

La muestra B, con anterioridad a su observación en microscopio, mostró una presencia baja de carbonatos frente a la adición de ácido clorhídrico. El corte delgado de la muestra (Figura 5, Tabla 2) es muy heterogéneo, por sectores se observa un patrón de distribución granular diferenciado. Predominan granulometrías más finas limo arcillosas pertenecientes al plasma. Los tamaños de grano de la fracción arena identificados son: AG: arena gruesa (500 μm) hasta AM (250- 500 μm) en menor medida, y AF (125- 250 μm) y AMF (62- 125 μm), que son los más representados. Con referencia a la escala granulométrica Phi, la relación de material grueso a fino (g/f) es de 70/30, considerando como límite el valor de 3 (limite arena fina y arena muy fina).

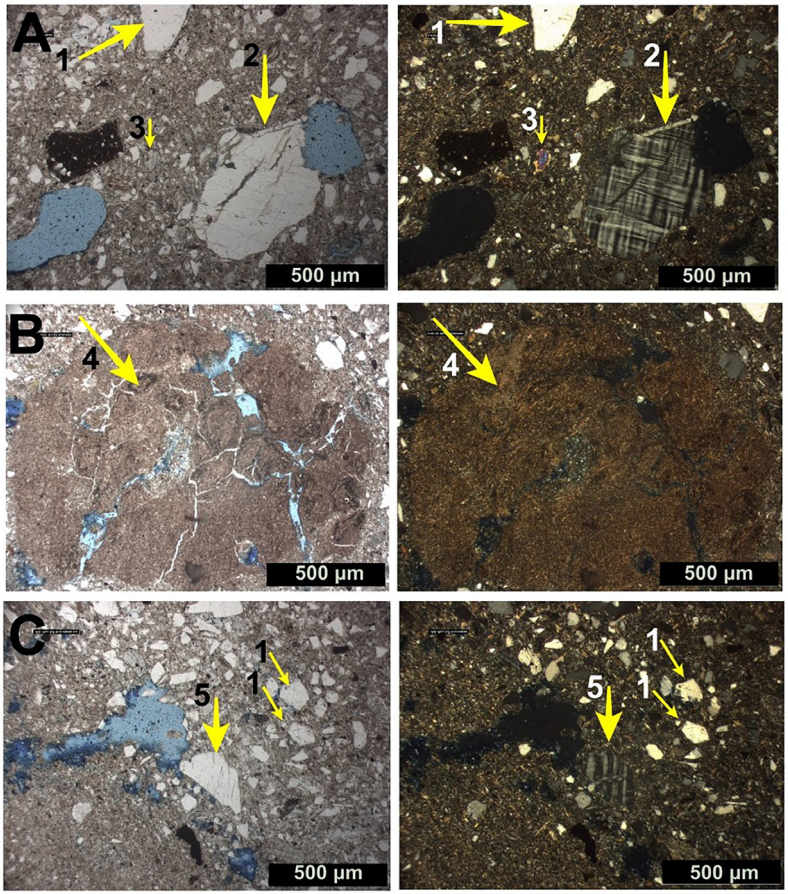
Figura 4: Composición mineralógica de la MB sin analizador (S/A) y con analizador (C/A). (a) izq.: S/A material mineralógico (1, 2 y 3); der.: C/A; (b) izq.: S/A agregado limo- arcilloso (4) con grietas con revestimientos de óxidos; der.: C/A; (c) izq.: S/A con sector diferenciado granulometrías más finas, y otro de granulometrías más gruesas. Material mineralógico (1 y 5); der.: C/A. Detalle de los minerales: 1: biotita; 2: microclino; 3: cuarzo; 4: agregado limo-arcilloso; 5: plagioclasa. Escala: 500 µm



El material grueso (70%) incluye componentes minerales y orgánicos pobremente seleccionados. Dentro de los minerales se observa en gran medida cuarzo monocristalino y policristalino, con un bajo grado de alteración, con bordes sub-angulares a angulares: plagioclasas con maclas polisintéticas, feldespatos potásicos como microclino maclado en forma de enrejado, muscovitas con un grado de alteración y en menor medida, biotitas.

También hay minerales opacos y minerales de alteración, como clorita, óxidos de hierro y líticos, además de agregados granulares de material limo arcilloso bien diferenciados y alterados. Dentro de los componentes orgánicos se puede observar un corte transversal de material vegetal, así como también fibras vegetales indiferenciadas distribuidas en la lámina delgada.

Figura 5: composición mineralógica de la MB S/A y C/A. Referencias: (a) izq.: S/A material mineralógico (1, 2 y 3); der.: C/A; (b) izq.: S/A agregado limo-arcilloso (4) con grietas con revestimientos de óxidos; der.: C/A; (c) izq.: S/A con sector diferenciado granulometrías más finas, y otro de granulometrías más gruesas. Material mineralógico (1 y 5); der.: C/A. Detalle de los minerales: 1: cuarzo; 2: microclino; 3: biotita; 4: agregado limo-arcilloso; 5: plagioclasa. Escala: 500 µm



Con respecto al material fino o plasma (30%), presenta un patrón de distribución porfírica simple, concentrado, que en algunos sectores es muy heterogéneo y de composición indiferenciada, con muy baja continuidad óptica. En cuanto a la porosidad, es de aproximadamente el 10% y se observa en forma de grietas, vesículas y en cámaras, que rodean o reemplazan a la materia vegetal y a los componentes minerales.

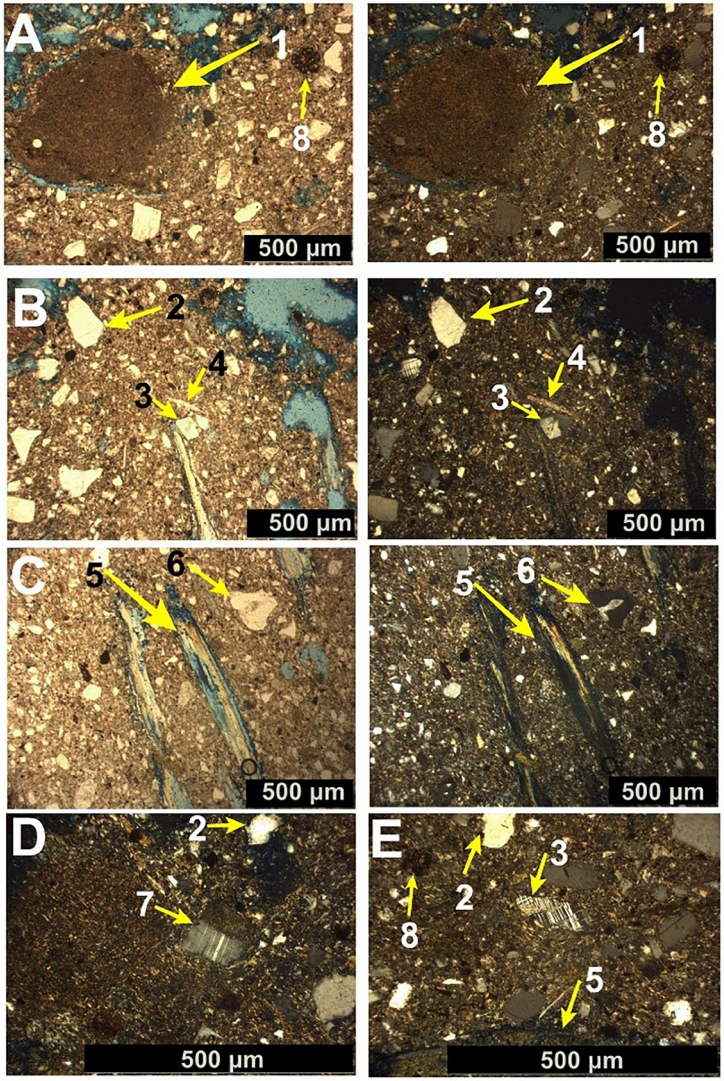
Muestra C

La muestra C, con anterioridad a su observación en microscopio mostró una presencia moderada de carbonatos frente a la adición de ácido clorhídrico. El corte delgado de la muestra (Figura 6, Tabla 2) es heterogéneo, con coloraciones rojizas alteradas y grandes espacios vacíos. En la muestra se observan escasos tamaños de AM (250- 500 μm), AF (125- 250 μm) AMF (62- 125 μm); estos dos últimos predominan en su esqueleto. Tomando como referencia la escala granulométrica Phi, la proporción de gruesos (esqueleto) es mayor que la de los finos (plasma) en un porcentaje de 70/30, considerando como límite el valor de 4 (de arena muy fina a limo grueso), o 0,0625 mm.

Los materiales gruesos o esqueleto (70%) están compuestos principalmente por componentes minerales y orgánicos pobremente seleccionados. Dentro de los minerales se observa, en gran medida, cuarzo monocristalino y policristalino, con un bajo grado de alteración y bordes subangulares a subredondeados. En cantidad inferior hay plagioclasas con maclas polisintéticas y maclas de Carlsbad, feldespatos potásicos como microclino maclado en enrejado, muscovitas con un grado de alteración moderado y en menor medida, biotitas, además de opacos y minerales de alteración como clorita, nódulos de óxido de hierro y manganeso: y líticos. También se observan gran cantidad de agregados granulares de material limo arcilloso bien diferenciados y alterados −algunos de ellos, revestidos o bien rodeados de material plasmático de forma envolvente− y agregados concéntricos de material fino. El material orgánico existente en la muestra se presenta en la forma de fibras y tejidos celulares indiferenciados, distribuidos a lo largo del corte.

Con respecto al plasma (30%) posee un patrón de distribución porfírica simple, concentrado en sectores. Es muy heterogéneo, alterado y de composición indiferenciada, con baja continuidad óptica, lo que sugiere la presencia de materiales de baja cristalinidad. La porosidad es de aproximadamente el 20% y se distingue en forma de grietas, vacíos en vesículas y en cámaras que rodean o reemplazan a la materia vegetal y a otros agregados.

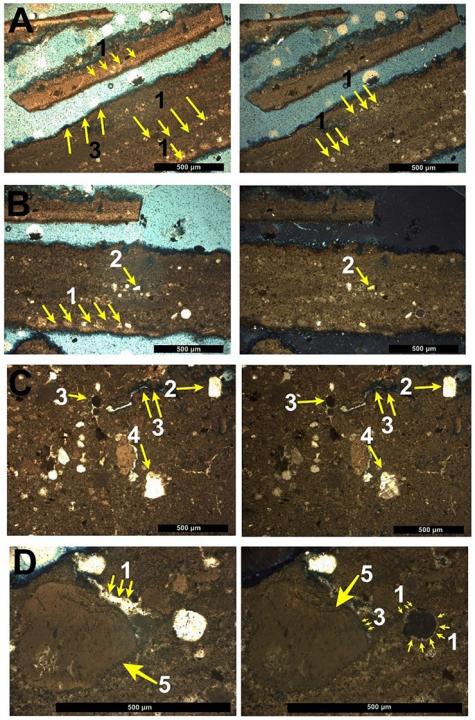
Figura 6: composición mineralógica y orgánica de la MC C/A y S/A. Referencias: (a) izq.: S/A espacios porosos en matriz, agregado limo-arcilloso (1) nódulo de Fe y Mn (8); der.: C/A; (b) izq. S/A: espacios porosos (azul) sobre sector derecho y material mineralógico (2, 3 y 4); der: C/A; (c) izq: S/A tejido vegetal (5) con porosidad (azul) propia y material mineralógico (6); der: C/A; (d) C/A sector izquierdo con granulometrías más finas y material mineralógico (7 y 2); (e) C/A tejido vegetal (5), material mineralógico (2 y 3) y nódulo de Fe y Mg (8). Detalle composición orgánica: 5: tejido vegetal. Escala: 500 µm



Muestra 1

La muestra 1, con anterioridad a su observación en microscopio, mostró una presencia alta de carbonatos frente a la adición de ácido clorhídrico. El corte delgado de la muestra (Figura 7, Tabla 2) es relativamente homogéneo, con coloraciones castañas. A simple vista se observan tablillas diferenciadas de color en sus bordes. De acuerdo a la escala granulométrica Phi, la proporción de gruesos (esqueleto) es menor que la de los finos (plasma) en un porcentaje de 10/90, considerando como límite el valor de 4 (de arena muy fina a limo grueso), es decir, 0,0625 mm.

Figura 7: composición mineralógica de la muestra 1 S/A y C/A. Referencias: (a) izq.: S/A micrita o lodo carbonatado (1) y revestimientos alargados de óxidos de Fe y Mn (3); der.: C/A; (b) izq.: S/A cavidades con revestimientos de micrita (1) y material mineralógico (2); der.: C/A; (c) izq.: S/A cavidades, grietas y nódulos de óxidos de Fe y Mn (3) y material mineralógico (2 y 4); der.: C/A; (d) izq.: S/A micrita en plasma y en agregado (1), agregado limo-arcilloso (5) y revestimientos óxidos de Fe y Mn (3); der.: C/A. Minerales: 1: micrita; 2: cuarzo monocristalino; 3: óxidos Fe y Mn; 4: microclino; 5: agregado limo-arcilloso. En las muestras A, B y D se observa abundante presencia de micritas dispersas en el plasma de forma alargada y de revestimiento. En los cortes se distingue por los colores blanquecino y pastel. Escala: 500 µm.



En su esqueleto (10%), integrado principalmente por inclusiones minerales sin componentes orgánicos, predomina el tamaño de AMF (62-125 µm). Dentro de los minerales se observa en gran medida cuarzo monocristalino, alterado, con bordes subangulares, plagioclasa con maclas polisintéticas y microclino maclado. Se identificaron componentes opacos y minerales de alteración, además de óxidos de hierro y manganeso. También gran cantidad de agregados granulares de material limo arcilloso bien diferenciados y alterados, algunos de ellos revestidos o bien rodeados de material plasmático de forma envolvente.

Con respecto al 90% plasma, destaca la presencia de minerales de limo finos, arcillas indiferenciadas y micrita (lodo carbonatado), distribuidos en el mismo, con grandes bandas de alteración en sus bordes. La porosidad es aproximadamente del 5%, dada por la presencia de grietas, y no se observan restos vegetales.

Muestra 2

La muestra 2, con anterioridad a su observación en microscopio, mostró una presencia moderada de carbonatos frente a la adición de ácido clorhídrico. El corte delgado de la muestra (Figura 8, Tabla 2) es heterogéneo

Se observan tamaños de granos de AM (250- 500 µm), AF (125- 250 µm) y AMF (62-125 µm), predominando tamaños de AF y AMF como granulometrías masa gruesas. De acuerdo a la escala granulométrica Phi, se estima una relación de material grueso a fino (g/f) de 80/20, considerando un límite de 3 (límite arena fina y arena muy fina), o 0,125 mm.

El 80% correspondiente al material grueso (o esqueleto) está integrado por componentes minerales y orgánicos, moderadamente seleccionados (Stoops, 2003). Dentro de los minerales se observa en gran medida cuarzo monocristalino y policristalino, moderadamente alterado, con bordes de sub-angulares a angulares: plagioclasas con maclas polisintéticas alteradas, feldespatos potásicos como microclino maclado en forma de enrejado y muscovitas. También hay minerales opacos y de alteración como clorita, óxidos de hierro y líticos, además de agregados granulares bien diferenciados de material más fino y gran cantidad de componentes orgánicos. Estos últimos fueron identificados a partir del corte transversal de material celular vegetal, así como también de fibras distribuidas a lo largo del corte.

El plasma, que conforma el 20% restante, se compone de material limoso-pelítico, con un patrón de distribución porfírica simple y muy heterogéneo. En cuanto a la porosidad, se observan grietas, así como también vacíos en cámaras.

Figura 8: composición mineralógica y orgánica de la muestra 2 S/A y C/A. Referencias: (a) izq: S/A tejido vegetal (1) y material mineralógico (2 y 3); der.: C/A; (b) izq.: S/A tejidos vegetales (1), material mineralógico (2) y nódulo de óxido de Fe y Mn (4); der.: C/A; (c) izq.: S/A agregado limo arcilloso (5); der.: C/P; (d) izq.: S/A; der.: C/A. Detalle composición orgánica: 1: tejido vegetal. Detalle de los minerales: 2: cuarzo monocristalino; 3: cuarzo policristalino; 4: óxidos de Fe y Mn; 5: agregado limo arcilloso. Escala: 500 µm.

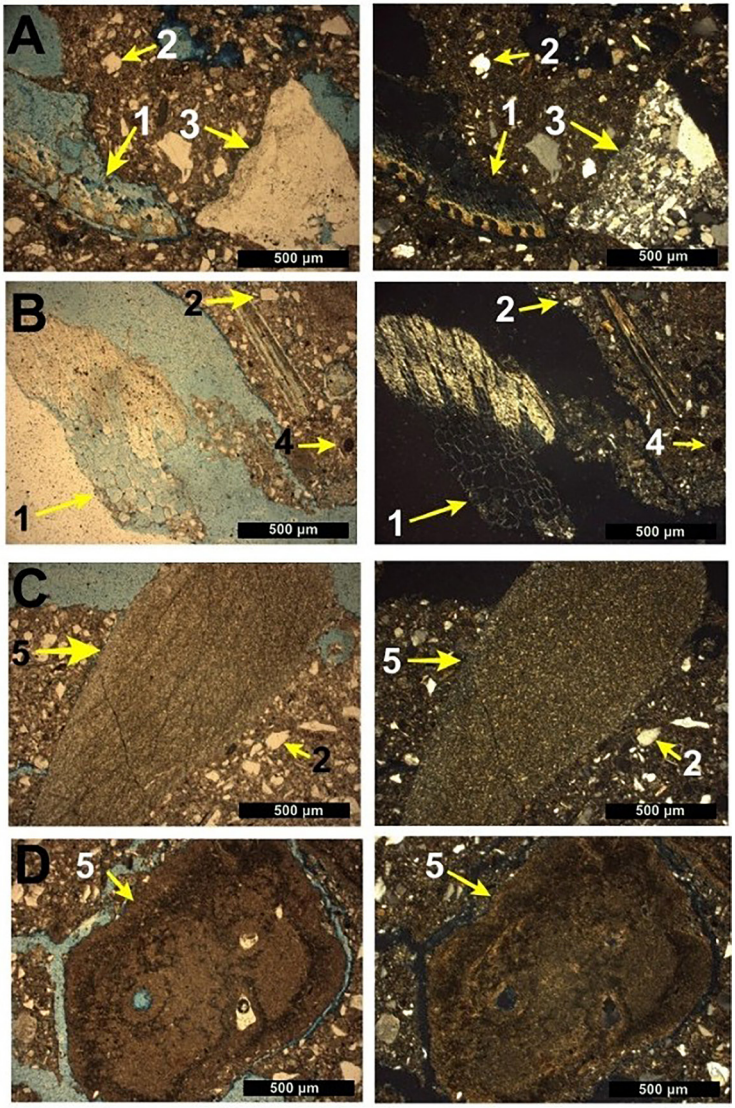


Tabla 2: Composición mineralógica y micromorfológica de las muestras de adobe y revoque analizadas. Referencias: Qz: cuarzo; Mc: microclino; Pl: plagioclasa; Mv: muscovita; Bt: biotita; Fe: hierro; Mn: manganeso; Cl: clorita; Lt: líticos. Tamaños de grano: AMF: arena muy fina; AF: arena fina; AM: arena media; AG: arena gruesa

Muestra	Proporción g/f	Límite Phi	Tamaños presentes/ predom-inantes esqueleto	Composición del esqueleto	Características del plasma	Porosidad
A	80/20	3	AM; AF; AMF/AF; AMF	Qz, Mc, Pl, Mv; Bt. Minerales opacos, Cl, Fe, Mn. Células vegetales y fibras	Distribución porfírica, heterogénea y alterada. Sectores carbonatados.	Relacionada con la materia vegetal
B	70/30	3	AG; AM; AF; AMF/AF; AMF	Qz, Mc, Pl, Mv; Bt. Minerales opacos, Cl, Fe y Lt. Agregados limo-arcillosos. Células vegetales y fibras	Distribución porfírica, concentrada, heterogénea e indiferenciada	10%, propia de la estructura y relacionada con la materia vegetal
C	70/30	4	AM; AF; AMF/AF; AMF	Qz, Mc, Pl, Mv; Bt. Minerales opacos, Cl, Fe, Mn, Lt. Agregados limo-arcillosos; nódulos concéntricos. Células vegetales y fibras	Distribución porfírica, concentrada, heterogénea, alterada e indiferenciada	20%, propia de la estructura y relacionada con la materia vegetal
1	10/90	4	AMF	Qz, Mc, Pl, Mv. Minerales opacos, Fe, Mn. Agregados limo-arcillosos.	Material limo-arcilloso, Micrita (lodo carbonatado)	5% propia de la estructura
2	80/20	3	AM; AF; AMF/AF; AMF	Qz, Mc, Pl, Mv. Minerales opacos, Cl, Fe, Lt. Agregados limo-arcillosos. Células vegetales y fibras	Material limoso-pelítico, distribución porfírica, heterogénea.	Relacionada con la materia vegetal

Discusión

El análisis de las muestras de sedimento procedentes del molino de Payogasta permite discutir algunas cuestiones relacionadas con la constitución tanto de los adobes como de los revoques de sus muros. En relación con los adobes, la primera regularidad que se observa en las cuatro muestras es la presencia de tres componentes bien diferenciados: una fase arena, compuesta por minerales félsicos, tales como cuarzo (mono y policristalino), feldespatos (microclino y plagioclasa), micas (muscovita y biotita) y, en algunos casos, fragmentos líticos. Otro de los componentes que invariablemente está presente es de origen vegetal, células o fibras que se distribuyen a lo largo de las muestras y que condicionan el grado de porosidad de los adobes. El tercer componente constituye la fracción más fina del suelo, que en la mayoría de los casos es indiferenciada, es decir, está integrada por materiales arcillosos que no están definidos. En la muestra 2, no obstante, esta fracción pudo ser descripta como material limoso-pelítico (de origen sedimentario, constituido por minerales del grupo de las arcillas). Asimismo, la muestra A evidencia sectores carbonatados dentro de la composición del plasma, composición que no fue observada en ninguna de las otras muestras de mampostería. Por la baja proporción identificada, podría corresponder a una transferencia desde el revoque que cubría estos adobes, aunque algunos estudios refieren el uso de calcita para darle mayor resistencia a la compresión y a la flexión (Millogo et al., 2008).

En cuanto a la relación proporcional de los componentes descriptos, los análisis indican que predomina una matriz de textura franca, compuesta principalmente por la fracción AF y AMF del orden del 70-80%, con porcentajes menores de AM y, en mucho menor proporción, AG. En todos los casos se destaca una selección pobre de los componentes (Stoops, 2003). Por su parte, la acumulación de Fe y Mn en forma de concreciones es indicativa de procesos de hidromorfismo. Estos ocurren cuando el agua, al desplazarse por el suelo, o en este caso por los adobes, se va empobreciendo en oxígeno, a la vez que acidificando por efecto de la materia orgánica, de manera que el ambiente también se va volviendo reductor (Taboada & Lavado, 2009).

En cuanto al agregado de material vegetal, parece complementar el proceso destinado a cohesionar la mezcla. Análisis comparativos de adobes mexicanos del período colonial con aquellos prehispánicos indican que, en los primeros, el contenido orgánico era mayor debido a que los suelos utilizados tenían bajo contenido de arenas y arcillas, por lo que el uso de fibras vegetales permitía compensar las deficiencias en la fracción plástica (Puy-Alquiza et al., 2022). De ello se infiere que el contenido de arcilla de los suelos utilizados para la elaboración de los adobes no podría garantizar, por sí mismo, la ligazón de los componentes.

De la comparación entre las cuatro muestras de adobe se observa que todas presentan las mismas características (al margen de la muestra 1, cuya composición carbonática interpretamos en términos de transferencia desde el revoque), y únicamente se diferencian por la relación del material grueso y fino (Tabla 1), que en la mitad de las muestras es de 80/20 (muestras A y 2) y, en la otra mitad, de 70/30 (muestras B y C). Al respecto, una de las posibilidades es que se trate de barros diferentes, sin que esto implique necesariamente grandes variaciones en el proceso de producción ni tampoco una trascendencia cronológica. Otra posibilidad es que la misma mezcla no sea homogénea en toda su composición y por eso se observen estas variaciones menores. La última considera que podría tratarse de adobes confeccionados en diferentes momentos temporales. En relación con esto último, hay que tener en cuenta que tres de ellas (A, B y C) proceden del mismo muro y que esta pared no presenta signos de una construcción segmentada o de remodelaciones posteriores a la construcción original, por lo que esa opción podría descartarse. En cuanto a las dos restantes, ellas serían posibles en función de los datos obtenidos hasta el momento, por lo que la ampliación de las muestras podría echar luz al respecto.

Finalmente, la muestra 1 corresponde al revoque de los mampuestos de adobe que, de acuerdo a los análisis mineralógicos, presenta una fracción fina predominante (90%), por sobre los materiales más gruesos, de naturaleza félsica y tamaño AMF (arena muy fina). La clasificación de micrita o lodo carbonático indica la mezcla del suelo (evidencia de gránulos limo-arcillosos y arena fina) con cal para la preparación del revestimiento, lo que incrementa la resistencia a la humedad y la capacidad de carga (Guerrero Baca & Uviña Contreras, 2020). Estudios experimentales demuestran que el contenido de la fracción arcilla es el responsable de mantener la adherencia y la cohesión de la mezcla, atributos indispensables para que el preparado se mantenga unido a la pared, en este caso, recubriendo los adobes (García Villar et al., 2024). Tal parece ser el sentido de la combinación de componentes identificados.

Conclusiones

A partir de la observación de las cinco muestras analizadas del Molino Histórico de Payogasta se pudo avanzar en el conocimiento de la composición de los adobes y del revoque y en la comparación entre diferentes muros, contemplando hipótesis relacionadas con aspectos cronológicos y/o tecnológicos. De esta manera, y si bien el tamaño de la muestra es un limitante importante, los resultados permiten discutir algunos aspectos. En primer término, se determinó que todas las muestras de adobe presentan las mismas

fases mineralógicas y que ellas se diferencian únicamente en la abundancia relativa de las mismas, aunque estas distinciones no son cuantitativamente relevantes. Al respecto, teniendo en cuenta que incluso en algunos casos fueron obtenidas del mismo muro, es poco probable que estas variaciones estén relacionadas con distintos momentos constructivos del edificio. En todo caso, y como ya señalamos, esto podría responder al uso de más de una mezcla de tierra para la manufactura de los adobes en cuestión, o de que la misma muestra tuviera variaciones menores en su composición, producto, por ejemplo, del proceso de mezclado. Por otro lado, el hecho de que los adobes de dos de las habitaciones (R2 y R6) fueran similares ayuda a conectar funcional y cronológicamente estos dos espacios, lo cual apoya los resultados primarios obtenidos desde otras vías metodológicas que exceden esta publicación (Pifano, 2024; Pifano et al., 2022a; Pifano et al., 2023).

En todos los casos, la presencia de componentes de origen vegetal en los adobes no parece ser casual, sino constituir una conducta tecnológica orientada a otorgarle mayor cohesión a los adobes y en ese sentido a compensar la proporción subóptima de la fracción arcilla. Para el caso del revoque, la proporción de arcilla identificada cumpliría la misma función, complementada con la presencia de carbonato de calcio, que aumentaría la resistencia desde el punto de vista mecánico e hídrico.

Por último, resta destacar el potencial informativo de los análisis micromorfológicos aplicados a la arquitectura de adobe para identificar los componentes y comprender los procesos y técnicas relacionadas con la manufactura de estos materiales que, en el caso aquí analizado, pertenecen a un contexto arqueológico. En tal sentido, la posibilidad de contar con un muestreo más amplio, y de trabajar en concurrencia con otras competencias metodológicas -análisis de fitolitos, polen o minerales, por ejemplo-, representa uno de los desafíos futuros de esta investigación, incluso si se atiende a su importancia para las políticas de conservación de este tipo de edificios. El hecho de que el Molino haya sobrevivido más de ciento cincuenta años da cuenta de las virtudes de la construcción en términos de resistencia y, con ello, de la efectividad de la técnica utilizada.

Agradecimientos

A la comunidad de Payogasta así como a las autoridades municipales y de la provincia de Salta, que facilitaron nuestra estadía para los trabajos de campo y nos otorgaron los permisos de investigación. Al CONICET y la Agencia I+D+i, cuyo financiamiento posibilitó los análisis. A los revisores anónimos, por las sugerencias y aportes bibliográficos que nos permitieron mejorar la versión original del manuscrito, y al Sr. Ariel Miranda, propietario del

Molino, que acompañó nuestro interés y nos brindó su hospitalidad.

Roles de autoría

Nombres y Apellidos del autor/a	Contribución académica													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pablo José Pifano			X	X		X	X			X				X
Celeste D'Andrea			X	X			X	X		X				X
María Celia Páez	X	X		X			X			X				X

1) Administración del proyecto; 2) Adquisición de fondos; 3) Análisis formal; 4) Conceptualización; 5) Curaduría de datos; 6) Escritura-revisión y edición; 7) Investigación; 8) Metodología; 9) Recursos; 10) Redacción-borrador original; 11) Software; 12) Supervisión; 13) Validación; 14) Visualización.

Referencias citadas

Aceñolaza, F., Aceñolaza, G., & Esteban, S. (1999). Bioestratigrafía de la Formación Puncoviscana y unidades equivalentes en el NOA. En G. González Bonorino, R. Omarini y J. Viramonte (Eds.), *Geología del Noroeste Argentino. 14 Congreso Geológico Argentino.* Relatorio I (pp.91—114). Universidad Nacional de Salta.

Bullock, P., Fedoroff, N., Jongerious, A., Stoops, G., Tursina, T., & Babel, U. (1985). *Handbook for soil thin section description*. Waine Research Publications.

Correia, M. (2007). Teoría de la conservación y su aplicación al patrimonio en tierra. *Apuntes, 20*(2), 202—219.

Cuevas, C. (2014). Determinación geológica de las materias primas utilizadas para la producción lítica prehispánica en el Valle Calchaquí Norte, provincia de Salta. Ponencia presentada en el VIII CADEG y I CELAG. Universidad Nacional de San Luis.

Escalante, D., & Piñeiros, J. L. (2022). Caracterización física y mecánica del adobe del centro histórico de Quito sometido a envejecimiento acelerado. *InfoANALITICA, 10*(2), 81—96.

Gama-Castro, J., Cruz y Cruz, T., Pi-Puig, T., Alcalá-Martínez, R., Cabadas-Báez, H.,

Jasso-Castañeda, C., Díaz-Ortega, J., Sánchez-Pérez, S., López-Aguilar, F., & Vilanova de Allende, R. (2012). Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 64*(2), 177—188.

García Villar G., Marcial E., & Rolón G. (2024). Clay composition patterns and their influence on the adhesive strength of earthen plasters. Revista de la Construcción. *Journal of Construction, 23*(1), 71—87.

Guerrero Baca, L., & Uviña Contreras, F. (2020). Integración de tierra y cal en restauraciones arquitectónicas. *Gremium, 7*(14), 137—150.

Gómez, R. (1998). *Arquitectura popular de los Valles Calchaquíes*. EUCASA, Editorial de la Universidad Católica de Salta.

Hongn, F., Seggiaro, R., Monaldi, C., Alonso, R., González, R., Igarzábal, A., Ramallo, E., Godeas, M., Fuertes, A., García, R., Moya, F., & González, O. (2001). *Hoja Geológica 2566-III, Cachi. Provincias de Salta y Catamarca* (Boletín 248). Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino.

Krumbein, W. (1934). *Size frequency distributions of sediments. Journal of Sedimentary Petrology, 4,* 65—77.

Martiren, J. L., & Rayes, A. (2016). La industria argentina de harina de trigo en el cambio de siglo. *H-Industria. Revista De Historia De La Industria Y El Desarrollo En América Latina, 18*, 1—27. https://ojs.econ.uba.ar/index.php/H-ind/article/view/871

Méndez, V., Nullo, F., & Otamendi, J. (2006). Geoquímica de las Formaciones Puncoviscana y Cachi - Sierra de Cachi, Salta. *Revista de la Asociación Geológica Argentina, 61,* 256—268.

Millogo, Y., Hajjaji, M., & Ouedraogo, R. (2008). Microstructure and physical properties of lime-clayey adobe bricks. *Construction and Building Materials, 22,* 2386—2392.

Nadir, A., & Chafatinos, T. (1990). *Los suelos del N.O.A. (Salta y Jujuy).* Tomos 1, 2, 3. Universidad Nacional de Salta.

Paoli, H., Bianchi, A., Yáñez, C., Volante, J., Fernández, D., Mattalía, M. C., & Noé, Y. (2002). *Recursos Hídricos de la Puna, Valles y Bolsones Áridos del Noroeste Argentino.* Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Pifano, P. (2024). *Territorio y proceso social en la producción harinera durante los siglos XIX y XX en el Valle Calchaquí Norte (Salta, Argentina).* Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Naturales. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.

Pifano, P., & Páez, M. C. (2020). Aproximación cronológica al funcionamiento del molino hidráulico de Payogasta (Cachi, Salta) durante los siglos XIX y XX. *Teoría y Práctica*

de la Arqueología Histórica Latinoamericana, 10, 45—57.

Pifano, P., Pineau, V., Dabadié, M., & Páez, M. C. (2022a). El funcionamiento del molino de Payogasta (depto. de Cachi, Salta) en el contexto local y su articulación con otros edificios contemporáneos (s. XIX y XX). *Teoría y Práctica de la Arqueología Histórica Latinoamericana, 15,* 119—139.

Pifano, P., Giovannetti, M., Marinangeli, G., & Páez, M. C. (2022b). Molienda de pimiento rojo en el Molino Histórico de Payogasta (Cachi, Salta): Aportes desde la Arqueobotánica. *Revista Andes, 33*(1), https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12771246005.

Pifano, P., Ermili, L., & Páez, M. C. (2022c). La producción harinera en el norte del Valle Calchaquí durante los siglos XIX y XX (provincia de Salta, Argentina). Análisis del contexto de funcionamiento del Molino Harinero de Payogasta. *Diálogo Andino, 69*, 143—154.

Pifano, P., Fernández, F., Guillermo, A., Petrucci, N., & Páez, M. C. (2023). Archaeological Analysis of a Water Mill from the Nineteenth Century in Salta, Argentina. *Latin American Antiquity,* 1—17.

Puy-Alquiza, M. J., Ordaz-Zubia, V., Cruces-Cervantes, O., Bello-Sandoval, A., Miranda-Avilés, R., Salazar-Hernández, M., Carreño-Aguilera, G., Zanor, G., & Li, Y. (2022). Comparative study of pre-Hispanic and colonial adobes in Mexico. Preliminary inferences on the effects of the granulometric distribution and used recycled materials in the state conservation of earth architecture. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 74*(3), A010422.

Rivera-Salcedo, H., Valderrama-Gutiérrez, O., Daza-Barrera, Á., & Plazas-Jaimes, G. (2021). Adobe como saber ancestral usado en construcciones autóctonas de Pore y Nunchía, Casanare (Colombia). *Revista de Arquitectura (Bogotá), 23*(1), 74—85.

Rivera Torres, J. (2012). El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales. *Apuntes: Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural – Journal of Cultural Heritage Studies, 25*(2), 164—181.

Rojas Rabiela, T., Gutiérrez Ruvalcaba, I., & Santos Pérez, R. (2014). Molinos hidráulicos de trigo en México: la Mixteca Alta, Oaxaca. En C. Sanchis-Ibor, G. Palau-Salvador, I. Mangue Alférez y L. Martínez-Sanmartín (Eds.), *Irrigation, Society, Landscape. Tribute to Thomas F. Glick* (pp. 387—401). Universitat Politècnica de València.

Rotondaro, R. (1988). Arquitectura natural en la Puna Jujeña. *Arquitectura y Construcción, 69*, 30—34.

Salfity, J. A. (1985). Lineamientos transversales al rumbo andino en el noroeste argentino. *Actas del IV Congreso Geológico Chileno, 1*, 119—137.

Salfity, J. A. (2004). Geología regional del Valle Calchaquí, Argentina. *Anales de la*

Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Buenos Aires, 56, 133—150.

Spengler, G., & Ratto, N. (2020). Arqueometría de materiales constructivos en tierra de la aldea de Palo Blanco (Catamarca, Argentina). *InterSecciones en Antropología, 21*(2), 173—186.

Stoops, G. (2003). *Guidelines for the Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections*. Soil Science Society of America.

Stoops, G., Marcelino, V., & Mees, F. (2010). *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regolith Thin Section*. Soil Science Society of America.

Taboada, M. & Lavado, R. (2009). *Alteraciones de la fertilidad de los suelos. El halomorfismo, la acidez, el hidromorfismo y las inundaciones.* Editorial de la Universidad de Buenos Aires.

Tomasi, J., & Barada, J. (2020). Patrimonios coloniales y republicanos. Caracterización de sus técnicas y materialidades en la provincia de Jujuy (Argentina). Gremium, *Revista de restauración arquitectónica, 7*(14), 53—68.

Tomasi, J., & Barada, J. (2021). Alteridades persistentes: Las construcciones sobre las otredades arquitectónicas en el noroeste argentino. *Anales del Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas. Mario J. Buschiazzo, 51*(2), 1—17.

Toselli, A. (1992). *El magmatismo del noroeste argentino. Reseña sistemática e interpretación.* Serie Correlación Geológica 8. Instituto Superior de Correlación Geológica. Universidad Nacional de Tucumán.

Turner, J. C. (1960). Estratigrafía de la Sierra de Santa Victoria y adyacencias. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, 42*, 77—126.

Turner, J. C. (1964). *Descripción geológica de la Hoja 15c Vinchina (Provincia de La Rioja)* (Boletín 100). Dirección Nacional de Geología y Minería.

Vilariño, O. (2019). Valle Calchaquí. *Teks del Sud. Cuadernos de Arquitectura & Diseño, 1,* s.p. http://bibliotecas.ucasal.edu.ar/opac_css/index.php?

Viñuales, G. (1991). La arquitectura en tierra en la región andina. *Anales del Instituto de Arte Americano, 27/28*, 43—55.

Wentworth, C. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology, 30*, 377—392.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución -NoComercial -CompartirIgual 4.0 Internacional.