


ARTICLE

# La experimentación como herramienta para el estudio de la alfarería de la transición pampeano-patagónica oriental (Provincia de Buenos Aires, Argentina)

Erika Borges Vaz<sup>1</sup> , Gustavo Martínez<sup>1</sup> y Lucas Pereyra Domingorena<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Paleontológicas del Cuaternario Pampeano (INCUAPA), UNCPBA-CONICET, Olavarría, Buenos Aires, Argentina. Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Olavarría, Buenos Aires, Argentina y <sup>2</sup>Instituto de las Culturas (IDECU), Universidad de Buenos Aires-CONICET, Buenos Aires, Argentina

**Autor de contacto:** Erika Borges Vaz; Email: [erika.borges@soc.unicen.edu.ar](mailto:erika.borges@soc.unicen.edu.ar)

(Received 4 November 2022; revised 8 January 2023; accepted 5 January 2024)

## Resumen

En este trabajo se presentan los resultados de estudios experimentales realizados en pastas cerámicas con el objetivo de comprender las elecciones técnicas realizadas por los grupos cazadores-recolectores que habitaron el curso inferior del Río Colorado (transición pampeano-patagónica oriental) en los últimos 2000 años AP aproximadamente. A tal efecto, con la guía de ceramistas locales, se realizaron ensayos tanto en el campo como en el laboratorio, empleando materias primas (arcillas y arenas) obtenidas del área de estudio. Durante las tareas de campo se realizó el testeo inicial y la cocción de las materias primas, actividades que se repitieron en el laboratorio. A esto se agregó una batería de estudios arqueométricos (e.g., petrografías, DRX, FTIR, SEM-EDAX) cuyos resultados fueron comparados con la información arqueológica del área. En este sentido, la composición de las materias primas, las temperaturas y condiciones de quema, así como los patrones tecnológicos de las pastas experimentales, son concordantes con las registradas en las cerámicas arqueológicas. La integración de estos datos indicaría la producción preponderantemente local de las vasijas como también la transmisión de una práctica alfarera a lo largo del Holoceno tardío.

## Abstract

With the aim of understanding the technical choices made by hunter-gatherer groups that inhabited the lower course of the Colorado River (eastern Pampa-Patagonia transition) during the last approximately 2000 years BP, this article presents the results of experimental studies carried out on ceramic fabrics. To this end, with the guidance of local ceramists, experimental series carried out both in the field and in the laboratory using raw materials (clays and sands) obtained from the study area were performed. A set of archaeometric studies (e.g., petrography, XRD, FTIR, SEM-EDAX), whose results were compared with the already available archaeological information from the study area, was also included. Results show that the composition of the raw materials, the temperatures, and burning conditions, as well as the technological patterns of the experimental fabrics, are consistent with those recorded in the archaeological pottery. The integration of these data indicates a preponderantly local production of the vessels as well as the transmission of a pottery practice throughout the late Holocene.

**Palabras clave:** cerámica; experimentación; arqueometría; *savoir faire*; Holoceno tardío; transición pampeano-patagónica oriental

**Keywords:** pottery; experimentation; archaeometry; *savoir faire*; late Holocene; eastern Pampa-Patagonia transition

En el campo de la arqueología los programas experimentales, además de registrar y controlar las propiedades físicas específicas de un objeto, abren el camino al entendimiento del comportamiento humano y de los sistemas sociales (Busuttill 2008-2009). Estos programas se ven enriquecidos al

involucrar diferentes ramas tanto del conocimiento científico como del artesanal (Busuttill 2008-2009; Mathieu 2002; Outram 2008), lo que permite generar un valioso marco de referencia (Binford 2001) para entender las condiciones bajo las cuales la cultura material fue elaborada, usada y alterada. En este sentido, en palabras de Hempel (1973), la experimentación en la ciencia no es sólo un método de contrastación, sino también un método de descubrimiento. Mediante los ensayos, es posible ir más allá de la materialidad de los objetos y obtener indicios o signos sobre la historia de vida de los mismos (Coles 1968; Metheny 2016; Schiffer y Skibo 1987). Dichos signos generados por la interacción mutua y frecuente entre individuos se traducen en conductas y saberes comunes transmitidos generacionalmente, lo que se refleja en aspectos recurrentes de la cultura material que constituyen una práctica o tradición tecnológica (Busuttill 2008-2009; Gosselain 1998; Lemonnier 1992; Stark 1999). A través de esta última es posible obtener puntos de referencia sobre la identidad social o grupal que, junto a otros elementos del contexto arqueológico, pueden expresar información cultural compartida en distintos niveles de inclusión social (Stark 1999).

La variabilidad formal de los bienes manufacturados muestra una serie de elecciones técnicas que están guiadas en gran parte por las tradiciones y los constreñimientos ambientales (Stark 1999:27). En el caso de la alfarería, la interpretación arqueológica de la secuencia de operaciones se basa en las evidencias que han dejado las acciones sobre estos objetos como las trazas materialmente observables (Beck et al. 2002; Schiffer y Skibo 1987; Skibo 1992). A lo largo del proceso analítico para comprender las diversas elecciones humanas involucradas en la confección de los objetos, la experimentación en el marco de las investigaciones arqueológicas brinda una vía de acceso a las acciones del pasado (Ascher 1961; Coles 1968). Estos ensayos facilitan el estudio de la fabricación de materiales y/o de los comportamientos humanos durante el proceso de producción (Skibo 1992:18). En otras palabras, a través de un programa experimental es posible dilucidar saberes y procedimientos técnicos de los sistemas tecnológicos, cambios fisicoquímicos de las materias primas, y uso, mantenimiento y descarte de los objetos (Schiffer y Skibo 1987). Dichos programas permiten estudiar un proceso específico, mediante el control de determinadas variables relevantes para la investigación o análisis de un problema (Metheny 2016; Outram 2008; Schiffer y Skibo 1987). La observación de la relación entre causa y efecto es evaluada en función de los patrones detectados en el registro arqueológico que luego son comparados con aquellos inferidos de los artefactos manufacturados en la actualidad, lo que permite la construcción de modelos explicativos (Ascher 1961; Coles 1968; Metheny 2016; Outram 2008).

Dentro de la tecnología cerámica la experimentación abarca una amplia gama de intereses que involucran distintos aspectos de la vida de dichos objetos como la manufactura, el uso y el descarte. Estos incluyen, entre otros, la procedencia de materias primas, la estructura de hornos, el efecto de determinadas pastas y acabados de superficie, las réplicas de instrumentos utilizados en los tratamientos plásticos, los efectos de la cocción al aire libre y las distintas temperaturas alcanzadas, la aplicación de pigmentos, la eficacia en la preparación de alimentos, la resistencia de las piezas y la preservación de las huellas de uso (Beck et al. 2002; Schiffer y Skibo 1987; Skibo 1992). En Argentina los trabajos experimentales destinados al estudio de los modos de hacer y usar la cerámica presentaron diferentes grados de sistematicidad y profundidad analítica, y fueron llevados a cabo fundamentalmente en el noroeste y nordeste del país. En la primera región estos ensayos se vieron enriquecidos tanto por la información arqueológica como por los relatos y entrevistas etnográficas realizadas a pobladores locales que conservan aún formas tradicionales de vida. Los ejes de investigación giraron en torno a la construcción de hornos, el rendimiento calórico de ciertos combustibles para la quema, la estimación de la calidad y características de las materias primas, la preparación de pastas, la restauración de vasijas, la cocción de maíz con diferentes recetas en ollas de barro, entre otras (Balesta y Zagorodny 2002; Lantos et al. 2012; Palamarczuk 2004; Pereyra Domingorena 2013; Puente 2011; Wachsman 2021). Por su parte, las experimentaciones en el nordeste produjeron aportes sobre los recursos técnicos e instrumentales, así como los gestos empleados en la ejecución de las representaciones plásticas, el testeado de sedimentos y el modelado de piezas (Ceruti y Traver Borny 2007; Ottalagano 2010; Pérez Meroni y Blasi 1997, entre otros). Las regiones pampeana y patagónica cuentan con escasos antecedentes en trabajos experimentales, los cuales se concentran en la depresión del Salado localizada en la subregión Pampa Húmeda (Frère et al. 2004; González et al. 2012,

entre otros). Con relación a la subregión Pampa Seca y al sector norte-centro de Patagonia la experimentación posee un carácter intermitente. En términos generales en las regiones pampeana y patagónica los experimentos incluyeron la confección de réplicas volumétricas y morfológicas, la reproducción de diseños, la aplicación de colorantes, el control de temperaturas de horneado, el uso de vasijas como tecnología extractiva de crustáceos, el estudio de los tipos de fracturas y de los procesos postdepositacionales (Berón 2004; Borges Vaz 2018; Frère et al. 2004; Gómez Otero et al. 1996; González et al. 2012; Ozán y Berón 2016; Pérez y Schuster 2016).

En función de este escenario, el objetivo del presente trabajo es profundizar en el conocimiento de las decisiones tomadas por los artesanos detrás de los patrones técnicos identificados en los modos de producción de la alfarería recuperada en la transición pampeano-patagónica oriental, durante los últimos 2000 años aP aproximadamente (Figura 1). Se hace énfasis en la primera y en la última etapa de la cadena operativa de producción (selección de materias primas y preparación de pastas —condiciones y temperaturas de cocción). Asimismo, teniendo en cuenta la presencia de desechos de manufactura (masas arcillosas) junto a fragmentos cerámicos en contextos arqueológicos (Borges Vaz 2019), se propone evaluar las propiedades para la labor alfarera de las materias primas locales (i.e., arcillas y arenas) y explorar si estas pudieron ser potencialmente utilizadas en el pasado.

Se pretende con esta investigación contribuir a la construcción de un marco de referencia regional para el entendimiento de los contextos de producción de esta tecnofactura en el pasado, considerando las limitaciones y potencialidades de las materias primas disponibles en la región. A tal efecto, se diseñó un programa experimental que consistió en una primera etapa llevada a cabo en el campo para la recolección y testeo inicial de las materias primas y una segunda instancia desarrollada en laboratorio en la cual se replicaron y profundizaron las tareas realizadas en el campo a lo que se sumó la obtención de datos mediante técnicas arqueométricas. Así, se plantearon dos ejes de análisis, el primero se focalizó en conocer la calidad y composición de las materias primas disponibles en el área y el segundo en obtener información cuantitativa de la carga de materiales no plásticos contenidos naturalmente en los depósitos arcillosos. Finalmente, la información obtenida fue cotejada con los patrones técnicos y composicionales de las pastas cerámicas y masas arcillosas recuperadas en contextos arqueológicos de los sitios Loma Ruiz 1, El Tigre y Zoko Andi 1 en el curso inferior del Río Colorado (Figura 1).

### Ambiente y arqueología del curso inferior del Río Colorado: Breves consideraciones

El área de estudio se ubica en la transición pampeano-patagónica oriental (sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina; Figura 1) y constituye la porción meridional de la Diagonal Árida. Uno de los rasgos más conspicuos del área es el delta del Río Colorado. Su dimensión y fisonomía ha cambiado notablemente a lo largo del Pleistoceno-Holoceno (véase Martínez y Martínez 2017 y referencias allí citadas). El delta ha cubierto una superficie de aproximadamente 110 km en sentido NO-SE en la cual se distinguen meandros abandonados, albardones, salitrales y paleocauces. Entre estos últimos algunos pueden observarse en la Figura 2. En este escenario grandes volúmenes de limos y arcillas han sido depositados en amplias superficies. A su vez, diferentes procesos denudacionales, importantes acumulaciones aluvionales formadas por mantos arenosos rellenaron la depresión deltaica, constituyendo un variado modelado geológico (Martínez y Martínez 2017).

La cronología de las ocupaciones humanas abarca el lapso de aproximadamente 6000-250 <sup>14</sup>C años aP (Martínez 2017). Sobre la base de evidencia proveniente de distintas líneas de análisis (e.g., distribución espacial y temporal de materias primas exóticas y cáscaras grabadas de huevos de Rheidae, entre otras), se postuló para el área de estudio un modelo referido a la naturaleza de las redes sociales de interacción a lo largo del tiempo. En este sentido, para el Holoceno medio y tardío inicial (ca. 6000-1000 años aP) se propuso la existencia de formaciones sociales relativamente abiertas mientras que para el Holoceno tardío final (ca. 1000-250 años aP) éstas habrían sido relativamente cerradas. Para este último período, en una escala espacial que excede al área de estudio, se planteó la existencia de un proceso de regionalización (Martínez et al. 2017). Los sitios de interés para este trabajo comprenden el lapso del Holoceno tardío. Loma Ruiz 1 (LR1; ca. 1900-1600 años aP) se encuentra en el interior del área de estudio (Figuras 1 y 2), en una duna adyacente a lagunas

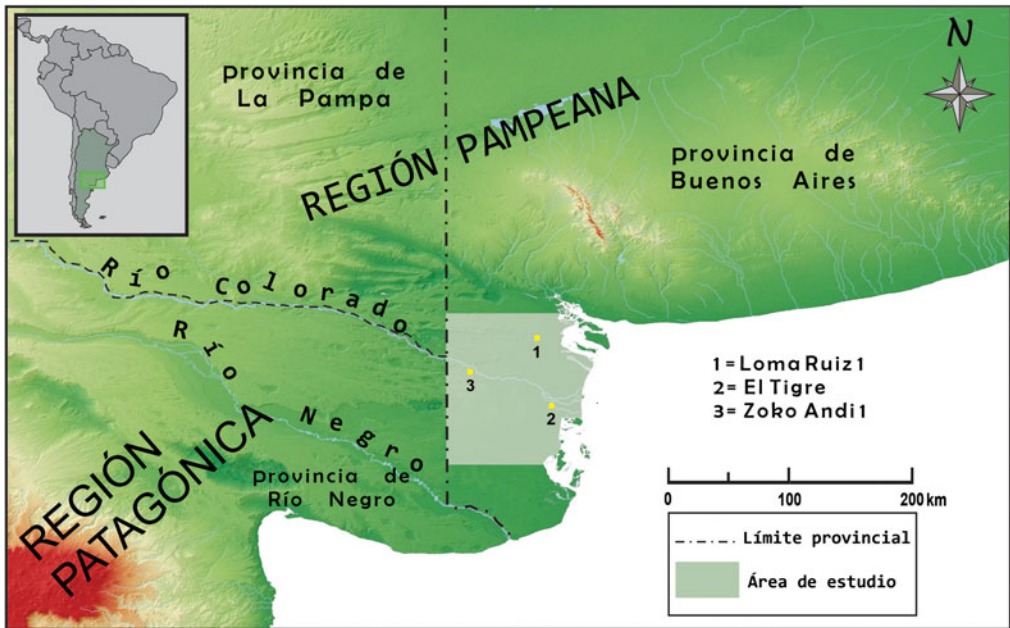


Figura 1. Localización de los sitios arqueológicos dentro del área de estudio. (Color en la versión electrónica)

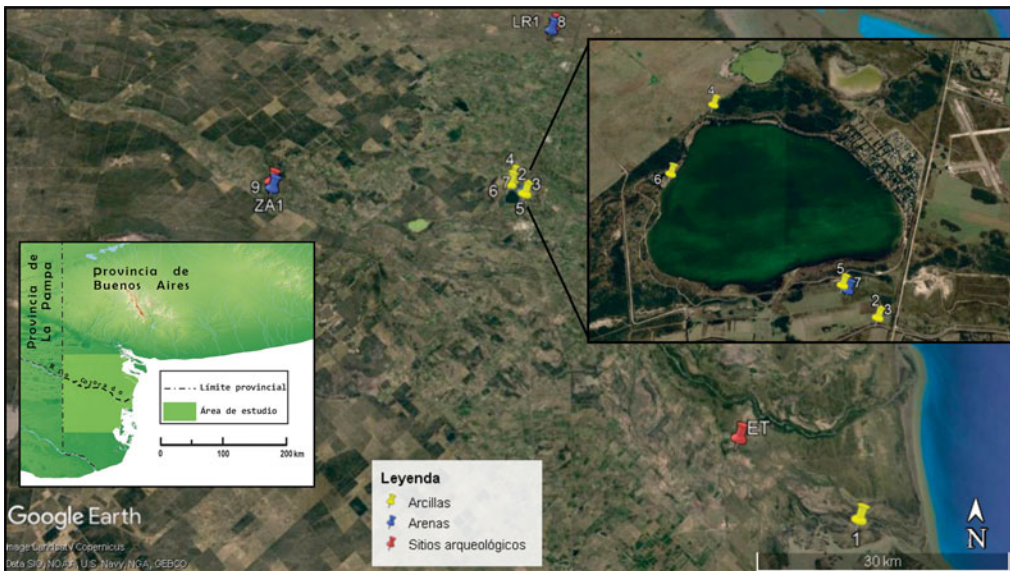


Figura 2. Depósitos de materias primas muestreadas y localización de los sitios arqueológicos. Arcillas: 1: Isla Elfi (IE); 2: Puente Negro A (PNA); 3: Puente Negro B (PNB); 4: Canal (C); 5: Mirador (M); 6: La Salada (LS); Arenas: 7: Mirador (Sed.1-M); 8: Loma Ruiz 1 (Sed.2-LR1); 9: Zoko Andi 1 (Sed.3-ZA1). (Color en la versión electrónica)

de agua dulce y salada. En este sitio se recuperó la cerámica más antigua para el área de trabajo (Figura 3). Las distintas líneas de evidencia estudiadas indican que sería el producto de bases residenciales cuyas estadias habrían sido breves o efímeras (Martínez 2017). El sitio Zoko Andi 1 (ZA1) también está ubicado en el interior (Figuras 1 y 2), a la vera del río sobre una duna, y posee dos componentes arqueológicos (ca. 1500-1300 y 800-400 años aP). En ambas ocupaciones se registraron fragmentos de alfarería (Figura 3). En los sectores más elevados de la duna se destacan entierros secundarios datados en

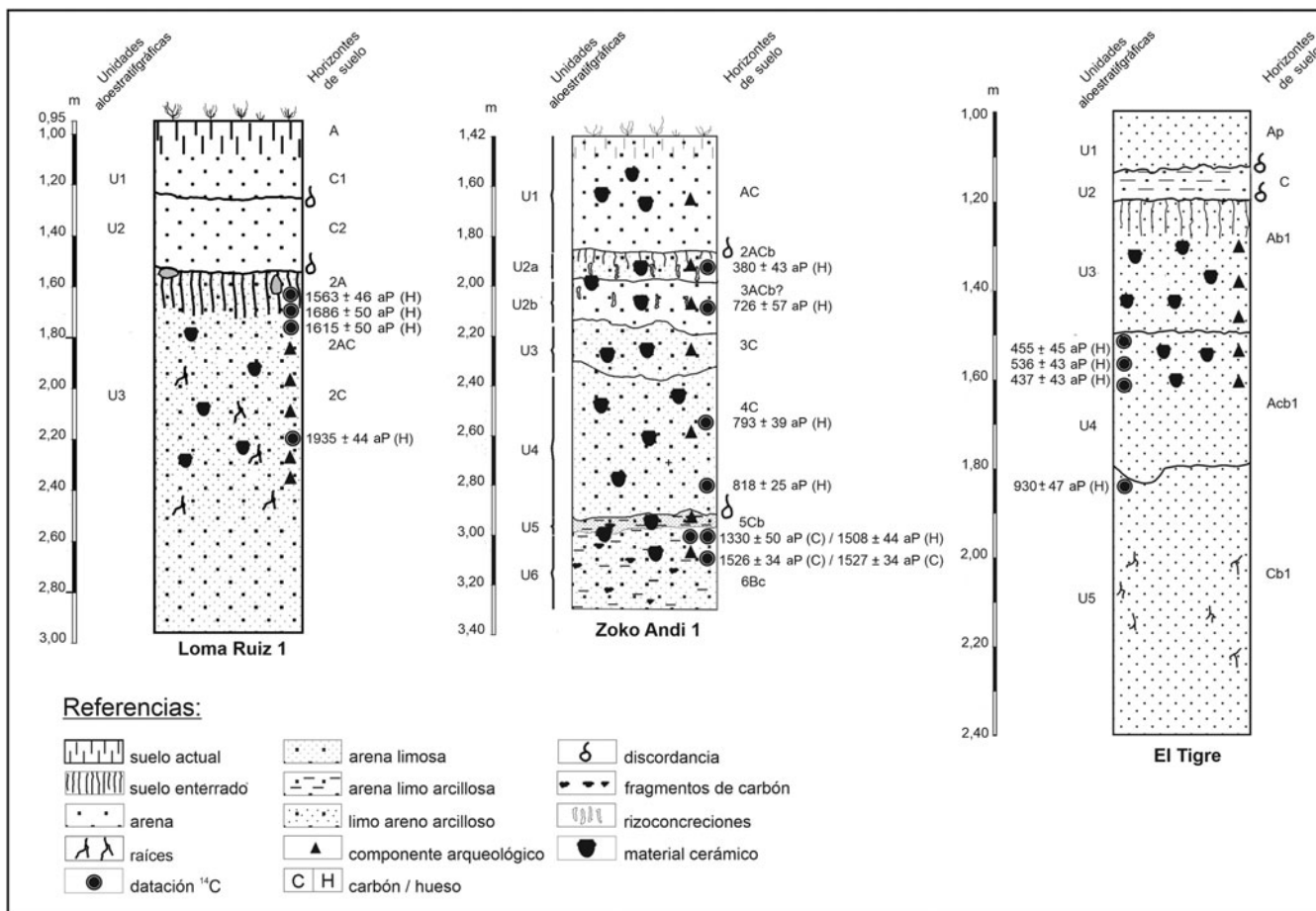


Figura 3. Perfiles estratigráficos de los sitios arqueológicos. Unidades aloestratigráficas, horizontes de suelo, componentes arqueológicos y cronología. Tomado y modificado de Martínez y Martínez [2017].

aproximadamente 1400 años aP (Martínez 2017). Finalmente, el sitio El Tigre (ET; ca. 900-400 años aP; [Figura 3](#)) se localiza en una serie de dunas, a orillas del Río Colorado viejo ([Figuras 1 y 2](#)). Se trata de una base residencial de actividades múltiples redundantemente ocupada en la que se recolectó abundante material cerámico (Martínez 2017).

### La cerámica arqueológica en el área de estudio

La alfarería recuperada en el área de estudio procede fundamentalmente de los sitios anteriormente descritos ([Figura 1](#)). Las características morfológicas remiten a piezas de contornos simples de tipo globulares o subglobulares, tanto abiertas como cerradas y levemente cerradas, y bases probablemente convexas. Las mismas fueron confeccionadas mayoritariamente mediante técnica de rollo, seguida del pellizado y de la combinación del ahuecado y rollo (Borges Vaz 2019). En cuanto a los tratamientos aplicados a las superficies el alisado fue ampliamente utilizado tanto en el exterior como en el interior de las vasijas y, en menor frecuencia, se registraron piezas con representaciones plásticas realizadas mediante las técnicas de impresión e incisión, a partir del uso de diversos instrumentos. De acuerdo con los resultados inferidos de los análisis de DRX y FTIR, durante el proceso de cocción se lograron temperaturas que rondarían entre 700°C y 800°C, alcanzando en algunos casos los 900/950°C. Por su parte, las atmósferas se caracterizaron por ser fundamentalmente no oxidantes. No obstante, en los ejemplares cerámicos procedentes de la parte inicial del Holoceno tardío se observaron sectores oxidados de manera incompleta y la presencia de núcleo, lo que indicaría condiciones más inestables de la atmósfera de cocción (Borges Vaz 2019).

A partir de las propiedades petrográficas de la cerámica arqueológica se identificaron nueve modos técnicos que se caracterizan como pastas medias y gruesas y por poseer entre el 20% y 50% de material no plástico en su composición. En algunos casos registran inclusiones con una granulometría homogénea, es decir, con tamaños relativamente similares comprendidos entre 125 y 250  $\mu\text{m}$  (arena fina a arena media). En otros ejemplares se presentan de manera heterogénea, es decir, las arenas usadas como atemperantes tienen un amplio rango granulométrico, entre 30 y 1000  $\mu\text{m}$  (limo grueso a arena gruesa; Borges Vaz y Pereyra Domingorena 2022). De acuerdo con las características petrográficas de sus clastos y con la presencia de desechos de manufactura en uno de los sitios, se propuso como hipótesis que las vasijas elaboradas con recetas o modos 1 a 8 habrían sido elaboradas con materias primas del área. En estas pastas predominan las arenas que contienen elementos volcánicos de diversas texturas (esferulítica, afieltrada y/o bostonítica, microgranosa y felsítica). Asimismo, algunas muestras se destacan por poseer clastos graníticos y cuarzo policristalino proveniente de una roca que, probablemente, corresponda a un esquisto. Sólo un ejemplar —Modo 9— discrepa de los modos anteriores, tanto en su composición como en los diseños, ya que contiene mayoritariamente fragmentos de pizarra-filita e impresiones unguiculares de inusual representación plástica en el área de estudio. Todo ello sugeriría que se trata de una pieza de manufactura alóctona (véase la discusión en Borges Vaz 2019; Borges Vaz y Pereyra Domingorena 2022).

Por su parte, la información obtenida de la complementariedad de diversos análisis fisicoquímicos (DRX, FTIR y SEM-EDAX) muestra una regularidad en la composición de los barros empleados en la elaboración de las piezas cerámicas, las cuales contienen illita, muscovita, cuarzo, feldespatos, hematita/magnetita, calcita y, en un caso, caolinita. En consonancia, masas arcillosas, con evidencia de manipulación antrópica y exposición térmica en un ejemplar, recuperadas en ambos componentes del sitio ZA1, contienen illita, muscovita, cuarzo y feldespatos (Borges Vaz 2019; Tabla suplementaria 1).

## Materiales y métodos

### *Actividades de campo*

El programa experimental se ejecutó en la laguna La Salada ([Figura 2](#)). Cinco muestras de arcilla proceden de los alrededores de esta laguna, mientras la sexta es de la Isla Elfi. Las muestras de arena provienen de los sitios arqueológicos Loma Ruiz 1, Zoko Andi 1 y La Salada (Martínez 2017; [Tabla 1 y Figura 2](#)).

Esta primera etapa fue guiada por la experiencia y los saberes de los ceramistas locales ([Figura 4](#)), quienes supervisaron cada instancia, junto a dos de los autores de este trabajo (EBV y GM), sin perder

**Tabla 1.** Características de las muestras de sedimentos.

Muestra	Lugar de extracción	Características geológicas/geomorfológicas (Martínez y Martínez 2017)
Arcilla Isla Elfi (Ar.1-IE)	-Fuente subyacente a la superficie en cercanía de la desembocadura del Río Colorado, costa atlántica -Sedimento superior seco y resquebrajado; material arcilloso recolectado a 30 cm de profundidad en estado húmedo color gris oscuro (2.5Y 4/1) con alto grado de descomposición orgánica	Depósitos litorales del Holoceno
Arcilla Puente Negro A (Ar.2-PNA)	-Barranca de la margen de un canal artificial de regadío alimentado por el Río Colorado. La materia prima aflora naturalmente en las inmediaciones de dicho canal -Material en estado húmedo color marrón (7.5YR 4/3) en depósito estratificado sobre barranca	Depósitos aluviales y coluviales del Río Colorado del Holoceno
Arcilla Puente Negro B (Ar.3-PNB)	-Barranca de la margen de un canal artificial de regadío alimentado por el Río Colorado, distinto sector de extracción de Ar.2 -Material en estado húmedo color marrón (7.5YR 4/3); al tacto el sedimento presenta mayor contenido de materiales no plásticos que Ar.2, denominado por alfareros locales como greda	
Arcilla Canal (Ar.4-AC)	-Barranca de un canal artificial de desagüe en desuso; muestra tomada del perfil estratigráfico de la barranca -Material en estado seco de color marrón (7.5YR 4/3)	
Arcilla Mirador (Ar.5-M)	-En superficie, localizado en la cantera actual y próximo al mirador -Material en estado seco de color marrón rojizo (2.5YR 4/4) y carbonato mezclado; localizado en cercanía del sitio La Salada 1 (Martínez et al. 2012)	
La Salada (Ar.6-LS)	-Barranca de la Laguna La Salada; muestra correspondiente a la unidad estratigráfica 12 del sitio La Salada 1 (Martínez et al. 2012) -Material en estado seco de color marrón oscuro (7.5YR 3/3)	
Arena Mirador (Sed.1-M)	-Acumulaciones eólicas localizadas en cercanías de donde se extrajo la muestra de Ar.5; ubicado en cercanía del sitio La Salada 1 (Martínez et al. 2012)	Dunas sobreimpuestas a depósitos aluviales y/o coluviales del Río Colorado del Holoceno
Arena Loma Ruiz 1 (Sed.2-LR1)	Acumulaciones eólicas localizadas en inmediaciones del sitio arqueológico Loma Ruiz 1	
Arena Zoko Andi 1 (Sed.3-ZA1)	Acumulaciones eólicas localizadas en inmediaciones del sitio arqueológico Zoko Andi 1	

de vista los protocolos arqueológicos propios de un programa experimental (Nami 1982:6). Se realizaron muestreos de depósitos de barros arcillosos y de sedimentos arenosos en el área de estudio (Figuras 2 y 5). La selección de estos lugares se basó en la información geomorfológica y geológica disponible, pero fue central la participación en el trabajo de campo de los ceramistas con vasta experiencia en el área. Estos alfareros fueron Tato Corte, Augusto Balzi, Francisco Bota y Soledad Iglesias. Las tareas efectuadas en conjunto permitieron la localización, el reconocimiento y los testeos de las materias primas. Los depósitos arcillosos afloran tanto en perfiles expuestos en barrancos como en extensiones superficiales o subsuperficiales (Figura 5) como producto de la intensa dinámica del Río Colorado antes comentada. Las arenas provienen de sitios arqueológicos localizados en médanos, que dominan el paisaje reciente y se extienden en toda el área de estudio. Se tomaron en total seis muestras de arcilla y tres de arena (Tabla 1).



Figura 4. Experimentación en campo. (a) Limpieza manual de arcillas; (b) molido de la arcilla; (c) homogeneización de arcilla para la eliminación de grumos; (d) amasado de la arcilla. (Color en la versión electrónica)

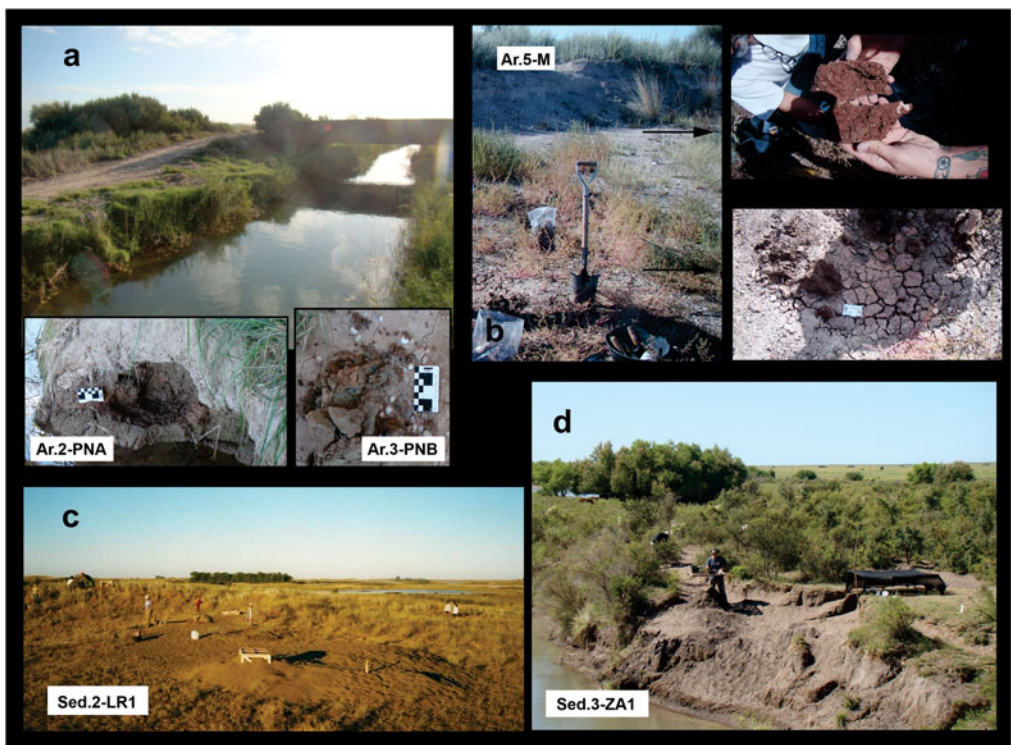


Figura 5. Fotografías de algunas fuentes muestreadas. (a) Puente Negro; (b) Mirador; (c) sitio Loma Ruiz 1; (d) sitio Zoko Andi 1. (Color en la versión electrónica)





**Figura 6.** Etapas del trabajo experimental. (a) Anillos y cuencos elaborados en el campo con arcilla Ar.3-PNB; (b) horneada a cielo abierto; (c) estado de las piezas y briquetas después de la cocción en campo; (d) test de arcillas ensayadas en laboratorio; (e) briquetas de la serie A luego de la cocción; (f) briquetas de la serie B luego de la cocción. (Color en la versión electrónica)

Luego de la recolección de las muestras, en la siguiente etapa se elaboraron con algunas arcillas (Ar.2-PNA, Ar.3-PNB, Ar.4-C, Ar.6-LS), sin agregado de antiplásticos, pequeñas piezas ( $n = 6$ ) y briquetas ( $n = 13$ ), con el fin de llevar a cabo un primer reconocimiento sobre sus propiedades fisicoquímicas (Figura 6a). Se evaluó el comportamiento y estabilidad durante los procesos de manipulación —en húmedo— durante el secado y el horneado. Para documentar las condiciones de cocción se realizó una estructura de combustión a cielo abierto de forma semicircular que consistió en un pozo de  $1,12 \text{ m}^2$  de superficie y  $0,50 \text{ m}$  de profundidad (Figura 6b). Las briquetas y las piezas fueron dispuestas alrededor del fogón por una hora para el templado. Posteriormente se sometieron a cocción en contacto directo con la fuente de calor entre el combustible (leña de álamo, *Populus alba*<sup>1</sup>) a distintas distancias, desde el centro (foco ígneo) hasta la periferia ( $0,65 \text{ m}$  y  $0,55 \text{ m}$ ; Figura 6b). El fuego fue alimentado durante dos horas hasta que las piezas alcanzaron el punto de incandescencia. La presencia de oxígeno no fue controlada, permitiendo su libre circulación. Finalmente, después del horneado los objetos cerámicos fueron dejados en reposo en el fogón hasta el día siguiente para su extracción.

### Actividades de laboratorio

La siguiente etapa fue realizada en las instalaciones del INCUAPA-CONICET (Facultad de Ciencias Sociales, UNICEN) y en el Departamento de Química Inorgánica de la Facultad de Ingeniería de la UNICEN (Figuras 6d-6f). Para llevar a cabo los ensayos se emplearon los criterios propuestos por Berón (2004), Pereyra Domingorena (2013) y Puente (2011). Se utilizaron todas las muestras de arcilla (Ar.1-IE, Ar.2-PNA, Ar.3-PNB, Ar.4-C, Ar.5-M y Ar.6-LS; véase la Tabla 1) a las que se les hizo una primera limpieza manual para la extracción de clastos y restos orgánicos de gran tamaño. En los casos en que se encontraba seca se procedió, además, al molido del material. Luego cada una fue sumergida en agua para su hidratación. La duración de este procedimiento varió entre uno a tres días en función

de la humedad contenida originalmente en las arcillas. Mediante este proceso de levigación de los componentes se efectuó una segunda extracción de impurezas más ligeras localizadas en la superficie del agua. Una vez hidratadas las arcillas, se dejó evaporar el excedente de agua hasta que adquirieron la consistencia adecuada para el trabajo manual (Figura 6d).

El paso posterior consistió en el testeado de las propiedades físicas de las arcillas bajo condiciones controladas, es decir, el seguimiento de estas durante el proceso de secado y cocción. Se elaboraron dos series, la A (Figura 6e) y la B (Figura 6f). En la serie A se confeccionaron seis briquetas, una con cada muestra de arcilla de las recuperadas en el campo, sin agregado de antiplásticos, con el objeto de registrar la carga natural de inclusiones no plásticas. La serie B consistió en la elaboración de cinco briquetas con una de las muestras de arcilla (Ar.3-PNB) y de arena (Sed.1-M) en distintas proporciones. La elección de estas muestras se fundamentó en los criterios de los ceramistas locales (i.e., disponibilidad y propiedades de los recursos testeados en campo). En la elaboración de las briquetas se utilizó un kilogramo como unidad de medida. Así, las proporciones de las briquetas confeccionadas fueron las siguientes:

- Pasta 1: 900 g de arcilla/100 g de arena;
- Pasta 2: 800 g de arcilla/200 g de arena;
- Pasta 3: 700 g de arcilla/300 g de arena;
- Pasta 4: 600 g de arcilla/400 g de arena;
- Pasta 5: 500 g de arcilla/500 g de arena.

En el centro y a lo largo de cada briketa de ambas series se marcó una línea de 10 cm para evaluar el grado de contracción en estado húmedo, seco y postcocción. El horneado de las mismas se produjo en mufla eléctrica con control automático de temperatura a 700 °C en la serie A y a 800 °C en la serie B (Figuras 6e y 6f). El propósito fue recrear la tendencia de temperatura inferida arqueométricamente en las muestras arqueológicas (desechos de manufactura —masas— y fragmentos cerámicos) recuperadas en el área de estudio (Borges Vaz 2019), así como en las registradas en las briquetas experimentales de áreas cercanas (Berón 2004; Borges Vaz 2018; Gómez Otero et al. 1996). Este procedimiento duró dos horas, durante las cuales se requirió una hora para alcanzar la temperatura buscada y una hora de cocción a las temperaturas arriba mencionadas. Después del horneado las briquetas se dejaron en reposo por 24 horas dentro del horno para su enfriamiento y posterior extracción.

Concluidas las dos etapas de ensayos experimentales —campo y laboratorio— se realizaron análisis microscópicos y fisicoquímicos. En el caso de las briquetas de campo la finalidad fue conocer las temperaturas alcanzadas durante la cocción en el fogón. Estas, al igual que las muestras arqueológicas, fueron estimadas mediante las técnicas arqueométricas aquí aplicadas (véase abajo) para reducir los sesgos en la comparabilidad de los datos. Cabe mencionar que, en este caso, en lo referido a las condiciones de cocción se evaluó, además, la atmósfera predominante durante el proceso de quema, la cual fue estimada macroscópicamente mediante comparación cromática de las piezas y briquetas con la carta de suelo Munsell (García Rosselló y Calvo Trias 2006; Munsell Color Corporation 1994; Figura 6c). Con respecto a las briquetas del laboratorio se priorizó la caracterización mineralógica y química de las materias primas recolectadas y los patrones tecnológicos resultantes de las recetas aplicadas. En este sentido, se realizaron lecturas petrográficas a las láminas delgadas de las briquetas de las series A y B (véase la descripción arriba). Además, se analizaron los sedimentos arenosos (Sed.2-LR1 y Sed.3-ZA1) que previamente se consolidaron en resina transparente para la elaboración de pastillas sobre las cuales se efectuaron los cortes delgados. Las secciones se examinaron a través de un microscopio de luz polarizada Leica modelo DME-P en el Instituto de las Culturas (IDECU), Universidad de Buenos Aires-CONICET (Pereyra Domingorena 2018).

Por otro lado, se llevaron a cabo análisis mineralógicos por difracción de rayos X (DRX) y espectroscopia infrarroja por transformadas de Fourier (FTIR) y análisis químicos semicuantitativos por microscopía electrónica de barrido y microsonda acoplada (SEM-EDAX)<sup>2</sup> a muestras tomadas de las briquetas elaboradas en campo y laboratorio (serie A). La aplicación de la técnica SEM-EDAX se utilizó para obtener información semicuantitativa de los elementos químicos (composición global

y puntual); la DRX para la determinación de las fases cristalinas y de las transformaciones térmicas de las especies minerales a partir de las cuales se puede establecer el rango de temperaturas a la que fueron expuestas las piezas cerámicas durante su cocción. Finalmente, se usó el FTIR como soporte complementario a la DRX para la identificación de determinados grupos químicos o entornos de coordinación presentes en material tanto cristalino como amorfo (Chang 1977; Cremonte y Bugliani 2006-2009). Dichos análisis fueron realizados en el Laboratorio de Difracción de Rayos X, Departamento Física de la Materia Condensada (GAIyANN-CAC-CNEA) y Grupo de Microscopia Electrónica del Centro Atómico Constituyentes-Comisión Nacional de Energía Atómica (GAEN-CAC-CNEA), y en el Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (CIFICEN-UNICEN; Gayo 2018-2019).

## Resultados

### *Análisis de las briquetas confeccionadas en el campo: Condiciones de cocción*

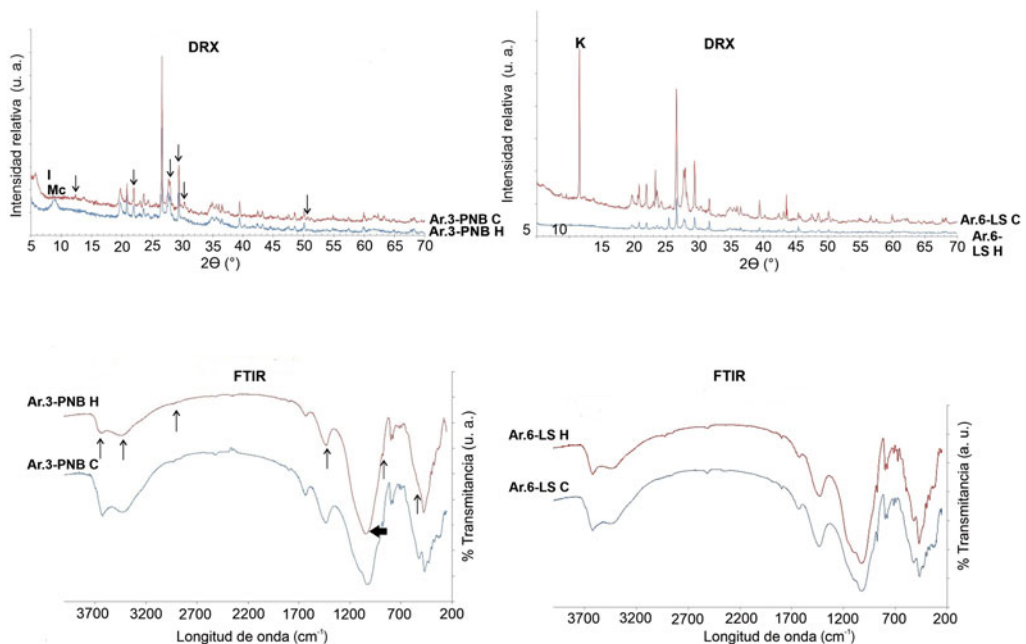
En esta primera etapa se evaluó la atmósfera circundante y las temperaturas alcanzadas durante el proceso de cocción. De acuerdo con las tonalidades postcocción de las muestras experimentales se infiere que la atmósfera habría oscilado entre parcialmente oxidante y no oxidante (Figura 6c y Tabla suplementaria 2). En el caso de las parcialmente oxidantes, las piezas y briquetas ( $n = 11$ ) poseen predominantemente tonos claros dentro de la gama del marrón grisáceo y marrón pálido (10YR 6/2, 10YR 6/3) con manchas localizadas en tonos grises (10YR 5/1, 10YR 4/1, 10YR 3/1). En tanto, las no oxidantes ( $n = 8$ ) evidencian tonalidades que varían entre el gris oscuro y muy oscuro (2.5YR 4/1, 2.5YR 3/1, 10YR 4/1, 10YR 3/1) y el negro (2.5YR 2.5/1), lo que permite deducir una menor presencia del oxígeno circundante.

Para el registro de la temperatura de cocción en este artículo se seleccionaron dos briquetas, una localizada en el centro del fogón (Ar.3-PNB H, horneada) y la otra en la periferia del mismo (Ar.6-LS H, horneada). Estas se estudiaron por DRX y FTIR y se compararon con sus respectivas muestras análogas de arcillas sin exposición térmica (Ar.3-PNB C, cruda; Ar.6-LS C, cruda) a fin de realizar un seguimiento de los cambios ocurridos en los minerales postcocción. Los resultados indicaron que la briqueta Ar.3-PNB H fue expuesta a temperaturas entre 700°C y 800°C (Figura 7). Dicho registro térmico se observa en el difractograma a través de la disminución de algunos picos que corresponden a las fases de feldespato albita y calcita en la briqueta Ar.3-PNB H, que comenzarían a descomponerse y a reaccionar con la temperatura de cocción (Gayo 2018-2019). Por su parte el análisis por FTIR (Figura 7) apoya los cambios en las fases encontrados en el difractograma y provee más información. Por un lado, se observan disminuciones en la intensidad de las bandas correspondientes a los grupos de las arcillas ( $-\text{OH}$ ) y de la materia orgánica ( $-\text{CH}_2$ ). Asimismo, se detecta disminución en las bandas de agua, carbonatos y hematita. Por otro lado, se registra un corrimiento (de  $1.024 \text{ cm}^{-1}$  a  $1.045 \text{ cm}^{-1}$ ) a mayor frecuencia de la intensidad de banda correspondiente a los enlaces de los silicatos (Si-O-Si).

La briqueta Ar.6-LS H localizada en la periferia del fogón no fue expuesta a más de 500°C. En el difractograma donde se observa la relación entre la briqueta Ar.6-LS H y la muestra de arcilla Ar.6-LS C (Figura 7), sólo se registra la disminución de uno de los picos más intensos correspondientes a la caolinita, lo cual indica que comienza a descomponerse y a perder cristalinidad por efecto de la temperatura de cocción (Gayo 2018-2019). Sin embargo, no se encuentran nuevas fases de reacción entre las materias primas y, a su vez, no se halla la disminución de difracciones que corresponden a otras arcillas y carbonatos. Asimismo, los resultados del FTIR (Figura 7) no muestran variaciones en la intensidad de las bandas correspondientes a los grupos de las arcillas ( $-\text{OH}$ ) y de la materia orgánica ( $-\text{CH}_2$ ). De igual manera, no se registra variación en las bandas de agua, carbonatos, silicatos, aluminatos, cuarzo y hematita ni corrimiento en la banda ( $1.029 \text{ cm}^{-1}$ ) correspondiente a los enlaces de los silicatos (Si-O-Si). Estos resultados son acordes a las temperaturas inferiores registradas en la periferia del fogón.

### *Análisis de las briquetas confeccionadas en el laboratorio*

*Propiedades de las arcillas.* En la primera serie, todas las arcillas en estado húmedo tuvieron elevada ductilidad en el modelado, lo que permitió la elaboración de anillos sin problemas de roturas. Con



**Figura 7.** Difractograma y espectro FTIR. Referencias: Ar.3-PNB H: muestra de arcilla 3 Puente Negro B horneada; Ar.3-PNB C: muestra de arcilla 3 Puente Negro B cruda; Ar.6-LS H: muestra de arcilla 6 La Salada horneada; Ar.6-LS C: muestra de arcilla 6 La Salada cruda; I: illita; Mc: muscovita; K: caolinita. Flechas: indican disminución de los picos y de intensidades de las bandas señalados en el texto.

relación a la etapa de secado se registraron inconvenientes en algunas arcillas. En este sentido, los anillos elaborados con las muestras Ar.1-IE, Ar.2-PNA y Ar.4-C presentaron grietas y las Ar.5-M y Ar.6-LS evidenciaron fisuras suaves, en tanto que el anillo confeccionado con la Ar.3-PNB es el único que se encontró limpio, sin grietas ni fisuras. En cuanto a las briquetas, se identificó que los índices de contracción son semejantes en todos los casos, siendo las muestras Ar.6-LS y Ar.3-PNB las que registran menor grado de reducción (Tabla 2). Este resultado es importante porque, como se mencionó anteriormente, la muestra Ar.3-PNB había sido clasificada por los ceramistas como la de mejor calidad en función de sus propiedades físicas y de manipulación. Las restantes arcillas ensayadas en la serie A con alto grado de plasticidad (Ar.1-IE, Ar.2-PNA, Ar.4-C y Ar.5-M) resultaron potencialmente aptas para su empleo en la confección de piezas cerámicas.

En la serie B los resultados muestran que la adición de arena como antiplástico en distintas proporciones contribuyó a una mejor respuesta de la arcilla ensayada. Esto permitió obtener pastas con mayor resistencia a la contracción durante el secado y horneado en comparación con las briquetas experimentales de la serie A. Los menores índices fueron registrados en las pastas 3, 4 y 5 (Tabla 2).

*Estudios composicionales: Petrografías, DRX, FTIR y SEM-EDAX.* En este apartado se detallan las características petrográficas de las briquetas de las series experimentales A y B y de las arenas recolectadas en el campo (Sed.2-LR1 y Sed.3-ZA1). Además, se presentan los resultados fisicoquímicos de las arcillas estudiadas en la serie A.

En las briquetas de la serie A (Figura 8) se distinguen, por un lado, las arcillas (Ar.2-PNA, Ar.4-C, Ar.5-M y Ar.6-LS) que tienen alto porcentaje de matriz (entre 97,10% y 91,40%) y una baja carga de material no plástico (entre 8,60% y 2,90%), constituido por clastos naturales que poseen una granulometría variada entre limo medio y arena muy fina. La excepción la constituye la muestra Ar.5-M cuyos clastos llegan hasta la arena media. Por otro lado, las arcillas restantes (Ar.1-IE y Ar.3-PNB) mostraron un menor porcentaje de matriz (85,89% y 87,19%) y una mayor carga de inclusiones (14,11% y 12,81%) que comprenden granulometrías entre limo medio y arena muy fina. En cuanto a los tipos de inclusiones se observó una composición similar en ambos grupos (Tabla 3).

**Tabla 2.** Índices de contracción de briquetas experimentales, series A y B.

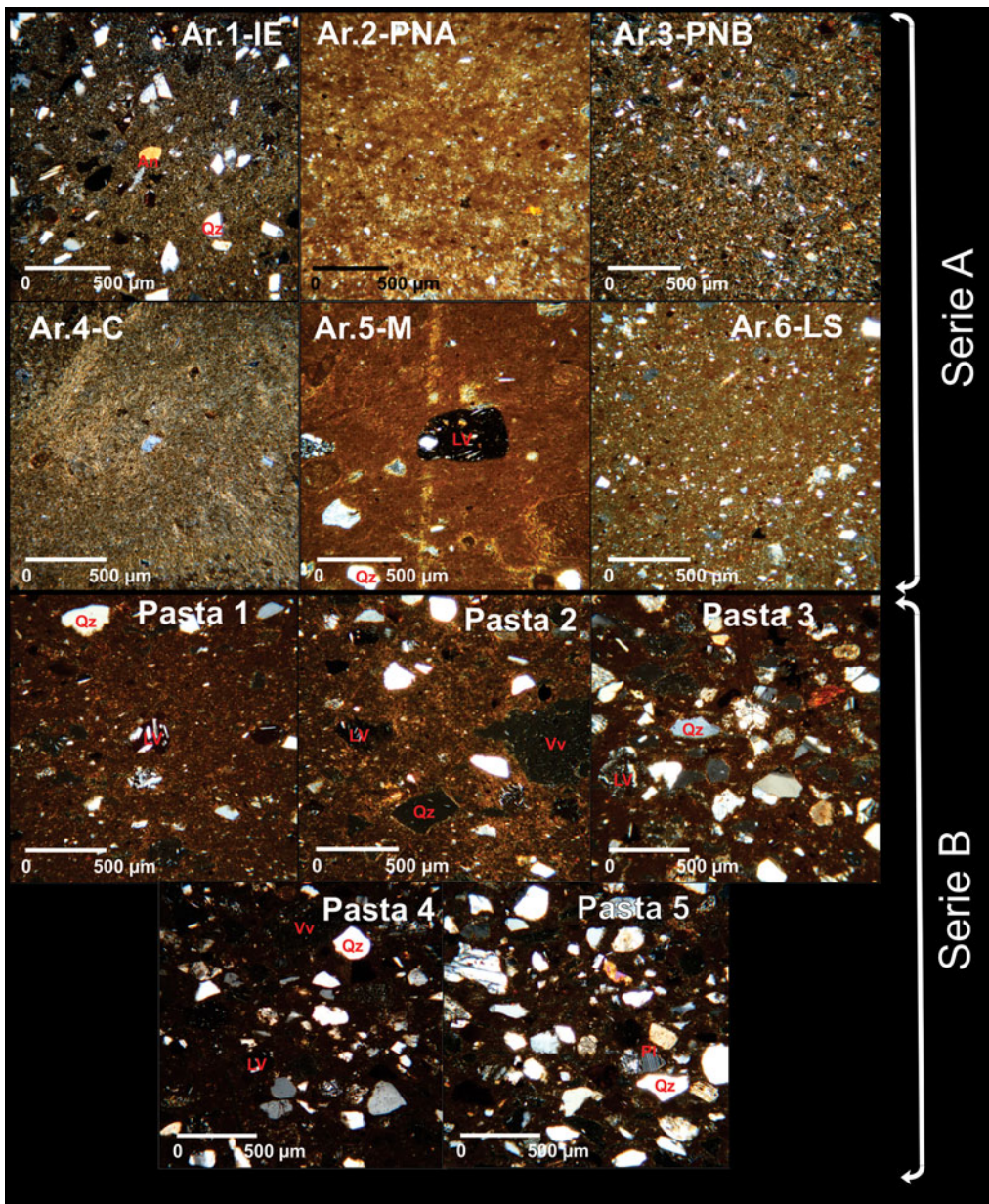
Briquetas	Contracción (cm)				Contracción %
	Húmedo	Seco	Horneado		
Serie A	Ar.1-IE	10	8,8	8,8	12
	Ar.2-PNA	10	8,7	8,7	13
	Ar.3-PNB	10	8,9	8,9	11
	Ar.4-C	10	8,6	8,6	14
	Ar.5-M	10	8,3	8,3	17
	Ar.6-LS	10	9,1	9,1	9
Serie B	Pasta 1	10	9,1	9,0	10
	Pasta 2	10	9,2	9,2	8
	Pasta 3	10	9,3	9,3	7
	Pasta 4	10	9,3	9,3	7
	Pasta 5	10	9,4	9,4	6

Nota: El sombreado indica arcillas con menor índice de contracción.

Con relación a los resultados petrográficos de la serie B (Figura 8), se observa que las matrices arcillosas son castaño rojizas y poseen estructuras de fondo criptofilitosa, algo pseudolepidoblástica en todas las briquetas de la serie. Por otra parte, los materiales no plásticos que conforman el Sed.1-M, utilizado como atemperante de esta serie, son en su mayoría el cuarzo, los litoclastos volcánicos de diversas texturas (esferulítica, afieltrada y/o bostonítica, microgranosa, felsítica) y los vitroclastos. Además, se identificaron feldespato potásico, plagioclasas, litoclastos graníticos, entre otros minerales menos frecuentes. Las inclusiones tienen formas redondeadas, subangulares y subredondeadas. En cuanto a la granulometría de este sedimento intencionalmente agregado oscila entre limo medio y canto pequeño (15  $\mu\text{m}$  y 4.000  $\mu\text{m}$ ), aunque predominan la arena media y la arena gruesa (250  $\mu\text{m}$  y 1.000  $\mu\text{m}$ ). Las cavidades se presentan en baja frecuencia entre 4,40% y 3,61%. En cuanto a la proporción matriz-inclusiones se registra la siguiente proporción: Pasta 1, matriz 79,84% / inclusiones 16,55%; Pasta 2, matriz 73,63% / inclusiones 22,06%; Pasta 3, matriz 63,91% / inclusiones 29,16%; Pasta 4, matriz 58,99% / inclusiones 36,61%; y Pasta 5, matriz 54,41% / inclusiones 40,36%.

A través del análisis complementario entre las técnicas de DRX y FTIR (Figura 9) se determinaron las fases minerales de las arcillas usadas en la serie A. En este sentido, en el difractograma obtenido, se observa en todas las muestras la presencia de arcilla illita, muscovita, cuarzo, feldespatos y hematita y no se registran fases de reacción entre las materias primas. El espectro infrarrojo indica que el contenido de carbonato en las muestras Ar.4-C y Ar.6-LS es bajo, mientras que en las muestras Ar.2-PNA, Ar.3-PNB y Ar.5-M es mucho mayor, lo que indicaría diferentes proporciones en la materia prima o bien diferentes grados de descomposición de este componente a la misma temperatura. Esto puede deberse al procesamiento de las muestras dado que un mayor grado de molienda, mezclado y homogeneizado produce un aumento en la interacción entre las materias primas, lo cual genera una mayor reacción que se ve reflejada en el corrimiento en la frecuencia de la banda (Gayo 2018-2019). La briqueleta Ar.1-IE no presenta contenido de carbonatos. Por su parte, en las briquetas Ar.3-PNB y Ar.6-LS se observa que la cantidad de calcita inicial ha disminuido a los 700°C. En el difractograma las muestras Ar.6-LS y Ar.1-IE exhiben algunos picos de distintas intensidades correspondientes a la caolinita (metacaolinita).<sup>3</sup> En el espectro de FTIR se observan las señales de Fe-O (a 560 y 530  $\text{cm}^{-1}$ ), propias de la hematita en todos los casos, lo que es concordante con los difractogramas de dichas muestras.

Los resultados químicos obtenidos de los análisis por SEM-EDAX aportaron información semicuantitativa sobre las especies atómicas contenidas en las muestras de la serie A. Los datos derivados del análisis señalan semejanzas en la composición y proporción de los elementos químicos de las



**Figura 8.** Fotomicrografías: (arriba) arcillas de briquetas de serie A tomadas con nicóles cruzados; (abajo) pastas experimentales de serie B tomadas con nicóles cruzados. Referencias: (Qz) cuarzo; (An) anfíbol; (LV) litoclasto volcánico; (Vv) vidrio volcánico; (Pl) plagioclasas. (Color en la versión electrónica)

arcillas. Se observa que los elementos identificados son típicos de materiales arcillosos y feldespáticos (Si, Al, C, O, Ca, K, Mg, Na y Fe), con predominio de silicio y oxígeno en todas las muestras (Tabla suplementaria 3). Asimismo, los elementos químicos detectados concuerdan con las fases minerales encontradas en los análisis por DRX.

En cuanto a las arenas, el estudio petrográfico indica que están compuestas mayoritariamente por litoclastos volcánicos de variada textura (esferulítica, afieltrada y/o bostonítica, microgranosa y felsítica) y cuarzo (Figura 10). En el caso del Sed.2-LR1, estas inclusiones no plásticas se representan en 52,87% y 26,75% respectivamente, mientras que en el Sed.3-ZA1 son de 41,76% y 22,48%. Además,

**Tabla 3.** Características petrográficas de la serie A.

Muestra	Matriz %	Carga %	Inclusiones		
			Granulometría	Tipo	Forma
Ar.1-IE	85,89	14,11	arena muy fina (60-125 $\mu\text{m}$ )	Qz, Fk, Pl, Micr, Mus, An-Px, Lv, Gr, Cua, Op, Vv	redondeados, subredondeados y subangulares
Ar.2-PNA	96,18	3,82	limo medio a limo grueso (15-60 $\mu\text{m}$ )	Qz, Pl, Biot, Mus, An-Px, Gr, Are, Op	
Ar.3-PNB	87,19	12,81	limo medio a limo grueso (15-60 $\mu\text{m}$ )	Qz, Fk, Pl, Biot, An-Px, Lv, Op	
Ar.4-C	97,10	2,90	limo medio a arena muy fina (15-125 $\mu\text{m}$ )	Qz, Fk, Pl, Biot, Mus, An-Px, Lv, Cua, Op, Vv	
Ar.5-M	93,70	6,30	limo medio a arena media (15-500 $\mu\text{m}$ )	Qz, Fk, Pl, Mus, An-Px, Lv, Gr, Cua, Op, Vv	
Ar.6-LS	91,40	8,60	limo medio a arena muy fina (15-125 $\mu\text{m}$ )	Qz, Fk, Pl, Biot, An-Px, Lv, Gr, Cua, Op, Vv	

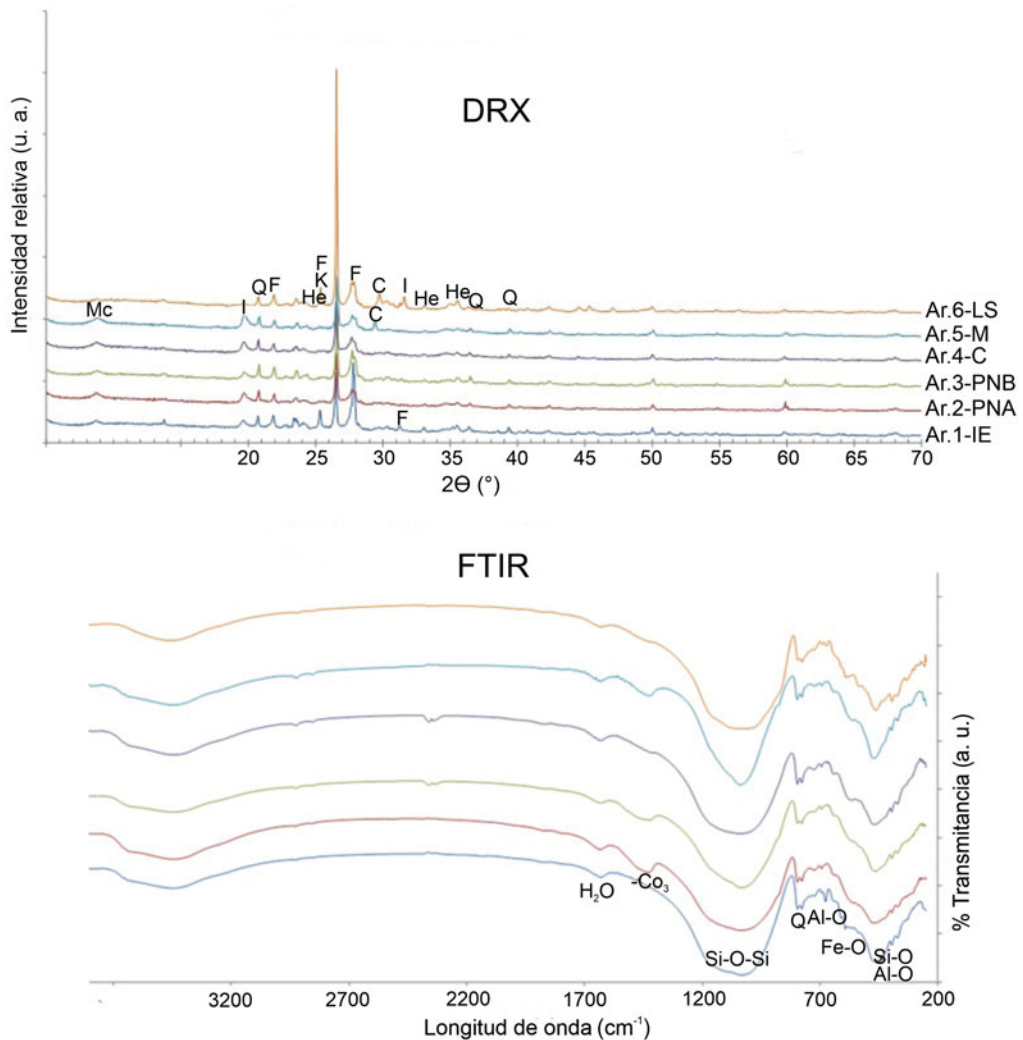
*Notas:* (Qz) cuarzo; (Fk) Feldespato potásico; (Pl) plagioclasas; (Micr) microclino; (Biot) biotita; (Mus) muscovita; (An-Px) anfíboles-piroxenos; (Lv) litoclastos volcánicos (varias texturas: esferulítica, afieltrada y/o bostonítica, microgranosa, felsítica); (Gr) granito; (Are) arenisca; (Cua) cuarcita; (Vv) vidrios volcánicos; (Op) minerales opacos.

ambas muestras sedimentarias registran otros minerales en menor proporción: feldespato potásico, plagioclasas, microclino, anfíboles-piroxenos, granito, arenisca, cuarcita y minerales opacos. Cabe destacar que en el Sed.2-LR1 los vitroclastos se encuentran completamente ausentes, en tanto que en el Sed.3-ZA1 se registra en 9,63%. En cuanto a los tamaños de los clastos, en el Sed.2-LR1 tienen una granulometría de arena fina y arena media (125  $\mu\text{m}$ -500  $\mu\text{m}$ ), aunque también se registraron algunos entre limo medio y arena muy fina (15  $\mu\text{m}$ -125  $\mu\text{m}$ ) y otros más grandes, hasta 1.000  $\mu\text{m}$ . Por su parte, el Sed.3-ZA1 posee clastos que varían entre limo medio y arena gruesa (15  $\mu\text{m}$ -1.000  $\mu\text{m}$ ).

## Discusión

Los resultados de la experiencia con los artesanos y las pruebas en el laboratorio permiten afirmar que las materias primas arcillosas recolectadas poseen características adecuadas para ser empleadas en la producción de objetos cerámicos. Todas las arcillas son muy plásticas, entre las que se destacan las Ar.3-PNB y Ar.6-LS como las más propicias dado el menor grado de contracción. Sin embargo, no se descarta el potencial uso de las demás arcillas (Ar.1-IE, Ar.2-PNA, Ar.4-C, Ar.5-M), ya que la maleabilidad que presentan reúne las condiciones necesarias para la labor alfarera. Eventualmente la mayor plasticidad de estas arcillas puede ser neutralizada con el agregado de inclusiones no plásticas, como se ha observado en la serie B, o bien mediante la posible mezcla de distintas arcillas, lo cual debe ser explorado en una próxima instancia experimental.

En cuanto a la composición, las arcillas manifiestan regularidades mineralógicas y químicas. En ese sentido, las muestras Ar.2-PNA, Ar.3-PNB, Ar.4-C y Ar.5-M están conformadas por arcilla del grupo illita, muscovita, cuarzo, feldespatos, calcita y hematita. En tanto las muestras Ar.1-IE y Ar.6-LS poseen además arcilla caolinita en su constitución. De igual manera, químicamente todas las muestras son concordantes entre sí y presentan elementos característicos de materiales arcillosos (Si, Al, C, O, Ca, K, Mg, Na y Fe). Estos datos exhiben una alta correlación con los conjuntos alfareros de los sitios (LR1, ET y ZA1). En este sentido, tanto los tiestos como los desechos de manufactura recuperados están constituidos mayoritariamente por arcilla illita, muscovita, cuarzo, feldespatos, hematita/magnetita, calcita y, además, un ejemplar está compuesto por arcilla caolinita. Químicamente, la composición elemental es similar a las arcillas locales estudiadas (Borges Vaz 2019; Tabla suplementaria 1).



**Figura 9.** Difractograma y espectro FTIR obtenidos de las arcillas analizadas, correspondientes a las briquetas de la serie experimental A. Referencias: (Q) cuarzo; (F) feldespato; (Mc) muscovita; (I) illita; (K) caolinita; (C) calcita; (He) hematita.

Por su parte, entre los materiales no plásticos se detectó que una de las arenas recolectadas en cercanía a uno de los sitios arqueológicos (LR1) se correlaciona con las características composicionales y granulométricas de los atemperantes detectados en las pastas de las cerámicas arqueológicas del área de estudio (Borges Vaz y Pereyra Domingorena 2022). Esta se corresponde con la muestra Sed.2-LR1, que contiene litoclastos volcánicos de variadas texturas (esferulítica, afieltrada y/o bostonítica, microgranosa, felsítica) y cuyo tamaño dominante va entre arena fina y arena media. Las arenas Sed.1-M y Sed.3-ZA1 poseen una mayor abundancia relativa de vitroclastos de tamaños entre limo medio y arena gruesa. Si bien se seleccionaron arenas semejantes al Sed.2-LR1 para la elaboración de las pastas cerámicas de los sitios arqueológicos, no se desestima el uso potencial de las arenas locales Sed.1-M y Sed.3-ZA1, ya que tecnológicamente podrían cumplir satisfactoriamente la función de atemperante.

Con respecto al contenido de inclusiones no plásticas en las arcillas estudiadas en la serie A, se observó una escasa presencia. En la mayoría de los casos (Ar.2-PNA, Ar.4-C, Ar.5-M, Ar.6-LS) la carga natural no supera el 10% (2,90% a 8,60%), a excepción de dos muestras (Ar.3-PNB y Ar.6-LS) que poseen un grado mayor (12,81% y 14,11%). En consonancia con la tendencia general



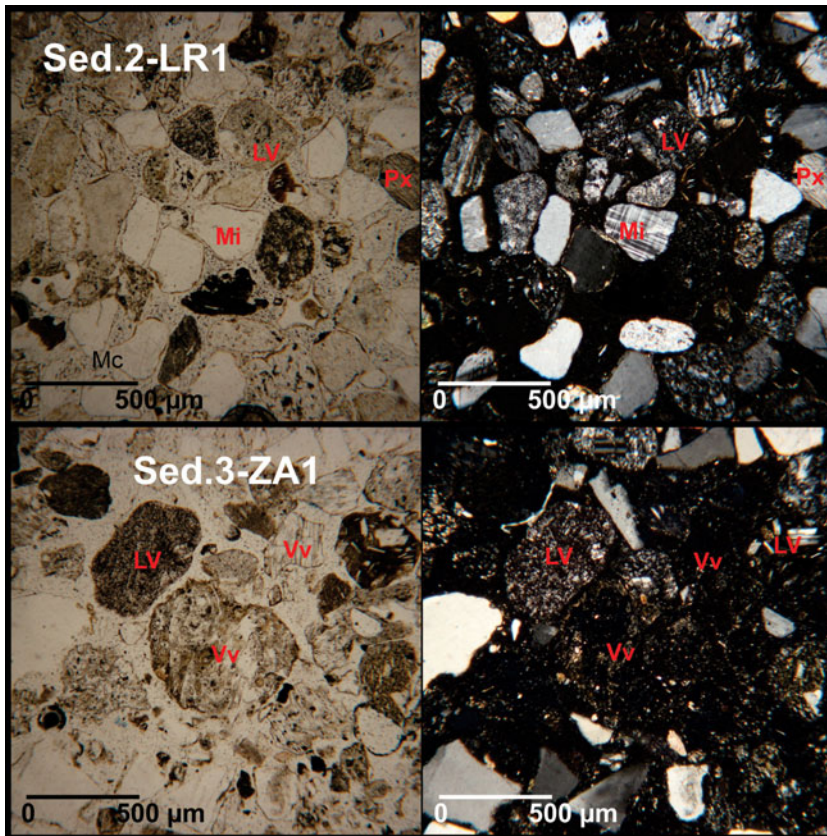


Figura 10. Fotomicrografías con y sin nicoles cruzados de arenas. Referencias: Loma Ruiz 1 (Sed.2-LR1); Zoko Andi 1 (Sed.3-ZA1); (Mi) mica; (Px) piroxeno; (LV) litoclasto volcánico; (Vv) vidrio volcánico. (Color en la versión electrónica)

registrada en los sedimentos locales, se observa que las masas arcillosas recuperadas en las dos ocupaciones del sitio ZA1 (FCS.ZA1.654 y FCS.ZA1.12) mostraron bajas proporciones de atemperantes (1,96% y 2,05%; Tabla suplementaria 4; Borges Vaz y Pereyra Domingorena 2022). Por su parte, la cantidad o abundancia de las inclusiones no plásticas de las briquetas experimentales de la serie B (22,06% a 40,36%) también muestra una gran similitud con los patrones técnicos registrados en las pastas arqueológicas (21% a 47%; Tabla suplementaria 4), que se suma a las similitudes ya mencionadas en los tipos de clastos y en la granulometría del Sed.2-LR1. Estos resultados permiten inferir la incorporación, por parte de los alfareros, de materiales no plásticos en proporciones similares a lo ensayado experimentalmente. A su vez, las pastas experimentales 2, 3, 4 y 5 de la serie B se correlacionan con las pastas arqueológicas clasificadas como medias y gruesas (Borges Vaz y Pereyra Domingorena 2022; Tabla suplementaria 4). Sin embargo, la pasta 1, constituida por un bajo agregado de antiplásticos (16,55%), no presenta equivalentes en las cerámicas arqueológicas.

La ausencia de estas pastas arqueológicas más finas, con escaso contenido de atemperantes (menores al 20%), podría deberse a las condiciones de alta plasticidad y de contracción detectadas en las materias primas arcillosas testeadas en el área de estudio. Esto se condice con los resultados obtenidos de las pruebas y ensayos experimentales, donde se registró la reducción de riesgos de grietas y/o fracturas en las muestras de arcilla que tienen mayor contenido de inclusiones no plásticas<sup>4</sup> (e.g., Ar.3-PNB y Ar.6-LS).

Respecto a la última etapa de la secuencia productiva también se logró un mayor conocimiento sobre este proceso. La quema de las piezas y briquetas desarrollada en la experimentación en campo apoya las inferencias realizadas sobre las condiciones de cocción de las cerámicas procedentes de los sitios arqueológicos. En esta dirección, la cocción en fogón a cielo abierto sin control de la

circulación del aire generó patrones cromáticos equivalentes a los registrados arqueológicamente. De esta manera, se observa que en una misma horneada se producen diferencias de temperatura de aproximadamente 300 °C, según las disposiciones de las piezas en el fogón (periferia 500 °C/centro 800 °C), así como la generación de microatmósferas o fluctuación de la atmósfera entre no oxidante y parcialmente oxidante, lo que ocasionó diferencias cromáticas entre distintas y/o en una misma pieza. Cabe destacar que, para los fines de esta prueba experimental, el uso de álamo como leña no incurrió en grandes diferencias de temperatura a las inferidas en las muestras arqueológicas. No obstante, entre estas últimas, dado que ciertos ejemplares habrían alcanzado temperaturas de 900/950 °C, es probable que la leña utilizada haya tenido un mayor rendimiento calórico. En este sentido, en el componente inferior del sitio Zoko Andi 1, estudios antracológicos indicaron la presencia de carbones de plantas tales como *Prosopis caldenia* (caldén), *Jodina rhombifolia* (sombra de toro), *Condalia* sp. (piquillín) y *Larrea* sp. (jarilla), entre otras. Particularmente, *Prosopis* sp. y *Condalia* sp. son maderas duras de larga duración y alto poder calórico (Martínez et al. 2021), que bien podrían haber sido empleadas y/o combinadas con otras decisiones técnicas como el uso de reparos para la estructura de combustión o la prolongación del proceso de horneado.

### Conclusiones

Este trabajo muestra la importancia de considerar los estudios experimentales como parte de los diseños de investigación y de contemplar en dicha planificación el diálogo entre esferas científico-académico y saberes artesanales. Esta colaboración enriqueció el estudio de la alfarería y contribuyó al entendimiento de esta práctica en la transición pampeano-patagónica oriental. El trabajo interdisciplinario posibilitó la generación y conjunción de datos diversos que permitieron conocer las propiedades de las materias primas locales y cotejar los resultados obtenidos experimentalmente con la información arqueológica. A través de los ensayos llevados a cabo se conoció la composición de las arcillas y arenas, las atmósferas de cocción y las temperaturas a las que estuvieron expuestas las piezas experimentales. Esto permitió constatar las propiedades adecuadas de las materias primas locales para la labor alfarera y el empleo de sedimentos composicionalmente similares a los disponibles en el área. Asimismo, las elecciones técnicas como el tipo y proporción de las arenas usadas como atemperantes y las condiciones del horneado experimentales concordaron con aquellas inferidas del estudio de las cerámicas arqueológicas. En síntesis, todo lo expuesto acompaña la proposición previa respecto del uso predominante de materias primas disponibles en el área para la producción de la mayoría de los objetos de alfarería arqueológica y un caso, probablemente, de origen foráneo (Borges Vaz y Pereyra Domingorena 2022). La presencia de una pieza elaborada con este último modo registrado en la ocupación más temprana del sitio ZA1 (Tabla suplementaria 4), podría reflejar el escenario social planteado para el Holoceno tardío inicial donde las redes de relaciones sociales habrían sido relativamente abiertas (Martínez et al. 2017). Sin embargo, esta evidencia es aún insuficiente para ser concluyentes al respecto y requiere nuevos análisis que contemplen otras técnicas arqueométricas no aplicadas en esta instancia (e.g., AAN, FRX, entre otras).

Por último, lo presentado previamente indica, en una escala microrregional (transición pampeano-patagónica oriental), la repetición de conductas pautadas reflejadas en la producción de cerámicas arqueológicas que sugiere un *savoir faire* inherente a la reproducción social de esta práctica a través del tiempo, evidenciada en diversos modos técnicos reproducidos en los distintos sitios del Holoceno tardío (Borges Vaz 2019; Tabla suplementaria 4). Estos resultados deberán ser complementados con análisis similares en regiones vecinas a los efectos de abordar las esferas e interacciones sociales en sociedades cazadoras-recolectoras en escalas macrorregionales.

**Agradecimientos.** A Xoana Gayo por las interpretaciones de los análisis fisicoquímicos, a los ceramistas por los valiosos aportes, a Violeta Di Prado y Ana Paula Alcaráz por la lectura y edición del manuscrito, a Cristina Graselli, Julia Tasca y el Departamento de Química Inorgánica de la Facultad de Ingeniería (UNICEN) y al Centro Atómico Constituyentes-Comisión Nacional de Energía Atómica (CAC-CNEA). La Unidad Ejecutora (UE) INCUAPA-CONICET y la Facultad de Ciencias Sociales (UNICEN) proveyeron apoyo institucional. Salvo que se indique lo contrario, todas las fotografías e ilustraciones son cortesía de los autores.

**Declaración de financiamiento.** Las investigaciones fueron financiadas por un PICT-ANPCyT (2016-840).

**Declaración de disponibilidad de datos.** El material arqueológico y experimental y sus bases de datos se encuentran disponibles en la UE INCUAPA-CONICET-UNICEN, Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

**Declaración de conflicto de intereses.** Los autores declaran que no hay ningún conflicto de interés.

**Materiales suplementarios.** Para acceder a los materiales suplementarios que acompañan este artículo, visitar <https://doi.org/10.1017/laq.2024.2>.

Tabla suplementaria 1. Resumen de las tendencias mineralógicas y químicas registradas en las muestras arqueológicas (fragmentos cerámicos y masas arcillosas descartadas). Tomado de Borges Vaz (2019).

Tabla suplementaria 2. Variabilidad cromática registrada en piezas y briquetas horneadas en fogón.

Tabla suplementaria 3. Concentración de elementos químicos, expresada en porcentaje en peso (Wt%).

Tabla suplementaria 4. Características generales de los modos técnicos de pastas y de la composición de las masas arcillosas de los sitios arqueológicos del área de estudio. Tomado y modificado de Borges Vaz y Pereyra Domingorena (2022).

## Notas

1. Debido a las actividades agrícolas, de pastoreo y regadío se produjo una notable modificación del paisaje en la localidad, lo que restringió la disponibilidad de leña autóctona (Provincia fitogeográfica del Espinal; Winschel y Pezzola 2018).
2. Los análisis fisicoquímicos se realizaron sobre muestras molidas y se emplearon los siguientes equipos: DRX: Panalytical, modelo Empyrean con detector PIXCEL3D; FTIR: FT-IR Nicolet-Magna 550, en un intervalo de número de onda comprendido entre 300 y 4000  $\text{cm}^{-1}$ , mediante técnica de pastilla de KBr; SEM-EDAX: FEI QUANTTA 200 y AMETEK Material Analysis, modelo Apolo X para QUANTA 200.
3. La caolinita comienza a descomponerse alrededor de los 600 °C. Sin embargo, esta condición no implica su desintegración ya que los procesos se refieren a la pérdida de agua superficial de las primeras láminas que conforman las arcillas, las cuales comienzan a desordenar su estructura de enlace de hidroxilos, transformándose químicamente la caolinita en metacaolinita. Esta última fue identificada en picos de menor intensidad en el difractograma y con mayor intensidad en el espectro infrarrojo (Gayo 2018-2019; Figura 9).
4. Si bien la muestra Ar.1-IE contiene un porcentaje similar de inclusiones no plásticas a las muestras Ar.3-PNB y Ar.6-LS, ésta posee mayor contenido de materia orgánica en descomposición, lo que le otorga mayor plasticidad y color oscuro.

## Referencias citadas

- Ascher, Robert. 1961. Experimental Archeology. *American Anthropologist* 63(4):793–816.
- Balesta, Bárbara y Nora Zagorodny. 2002. La restauración alfarera en la funebria arqueológica: Observación y estudios experimentales sobre la colección Muñiz Barreto. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines* 31(2):373–395.
- Beck, Margaret E., James M. Skibo, David J. Hally y Peter Yang. 2002. Sample Selection for Ceramic Use-Alteration Analysis: The Effects of Abrasion on Soot. *Journal of Archaeological Science* 29(1):1–15.
- Berón, Mónica A. 2004. Dinámica poblacional y estrategias de subsistencia de poblaciones prehispánicas de la cuenca Atuel-Salado-Chadileuvú-Curacó, provincia de La Pampa. Tesis doctoral, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Binford, Lewis. 2001. *Constructing Frames of Reference: An Analytical Method for Archaeological Theory Building Using Hunter-Gatherer and Environmental Data Sets*. University of California Press, Berkeley.
- Borges Vaz, Erika. 2018. Estudio de la manufactura cerámica en la costa norte del golfo San Matías (provincia de Río Negro). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 43(2):207–230.
- Borges Vaz, Erika. 2019. Modos de hacer y representar: Las prácticas alfareras en el curso inferior del Río Colorado, durante el Holoceno tardío. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Sociales, UNCPBA, Olavarría, Argentina.
- Borges Vaz, Erika y Lucas Pereyra Domingorena. 2022. Petrographic Study of the Pottery of Hunter-Gatherers from the Lower Basin of the Colorado River (Argentina) during the Late Holocene. *Archaeometry* 64(2):317–336.
- Busuttill, Christopher. 2008-2009. Experimental Archaeology. *Malta Archaeological Review* 9:60–66.
- Ceruti, Carlos N. y María Beatriz Traver Borny. 2007. Un aporte a la arqueología experimental: Reproducción de material cerámico de la entidad Goya-Malabrigo. En *Arqueología argentina en los inicios de un nuevo siglo*, editado por Fernando Oliva, Nélida de Grandis y Jorge Rodríguez, tomo I, pp. 251–258. Laborde Editor, Rosario, Argentina.
- Chang, Raymond. 1977. *Principios básicos de espectroscopia*. Editorial AC, Madrid.
- Coles, John. 1968. Experimental Archaeology. *Proceedings of the Society of Antiquaries of Scotland* 99:1–20.
- Cremonte, Beatriz y Fabiana Bugliani. 2006-2009. Pasta, forma e iconografía: Estrategias para el estudio de la cerámica arqueológica. *Xama* 19-23:239–262.
- Frère, María Magdalena, María Isabel González de Bonaveri y Alicia Francese. 2004. Experimentación y diseño decorativo: Primeros ensayos. En *La región Pampeana: Su pasado arqueológico*, editado por Carlos J. Gradín y Fernando Oliva, pp. 115–121. Laborde Editor, Rosario, Argentina.
- García Rosselló, Jaume y Manuel Calvo Trias. 2006. Análisis de las evidencias macroscópicas de cocción en la cerámica prehistórica: Una propuesta para su estudio. *Mayurqa* 31:83–112.
- Gayo, Xoana. 2018-2019. *Informe técnico de análisis fisicoquímicos (DRX, SEM-EDX, FTIR y TG-ATD) aplicados a muestras arqueológicas, experimentales y sedimentarias*. Informe de la Facultad de Ingeniería, Departamento de Química Inorgánica, UNICEN, Olavarría, Argentina.

- Gómez Otero, Julieta, Viviana Alric y Roberto Taylor. 1996. Una nueva forma cerámica del Chubut: Análisis mineralógicos y experiencias de reproducción. En *Arqueología: Solo Patagonia*, editado por Julieta Gómez Otero, pp. 349–358. Publicación del Centro Nacional Patagónico, Puerto Madryn, Argentina.
- González, María Isabel, María Magdalena Frère y Romina Frontini. 2012. Formas de ollas de cerámica pampeana y consumo de alimentos. En *Las manos en la masa: Arqueologías y antropologías de la alimentación en Suramérica*, editado por María del Pilar Babet, María Marschoff y Francisco Pazzarelli, pp. 409–428. Museo de Antropología, Córdoba, Argentina.
- Gosselain, Oliver P. 1998. Social and Technical Identity in a Clay Crystal Ball. En *The Archaeology of Social Boundaries*, editado por Miriam T. Stark, pp. 78–106. Smithsonian Institution, Washington, DC.
- Hempel, Carl G. 1973. *Filosofía de la ciencia natural*. Alianza Editorial, Madrid.
- Lantos, Irene, Marta Maier y Norma Ratto. 2012. Recreando recetas: Una experimentación con variedades nativas de maíz del noroeste argentino. En *Las manos en la masa: Arqueologías y antropologías de la alimentación en Suramérica*, editado por María del Pilar Babet, María Marschoff y Francisco Pazzarelli, pp. 527–552. Museo de Antropología, Córdoba, Argentina.
- Lemonnier, Pierre. 1992. *Elements for an Anthropology of Technology*. Anthropological Papers 88. Museum of Anthropology, University of Michigan, Ann Arbor.
- Martínez, Gustavo. 2017. Síntesis de los sitios y localidades arqueológicas: Resumen del modelo propuesto para el área de estudio. En *Arqueología de cazadores-recolectores del curso inferior del Río Colorado (Provincia de Buenos Aires, Argentina): Aportes al conocimiento de las ocupaciones humanas pampeano-patagónicas*, editado por Gustavo Martínez, pp. 45–67. Serie Monográfica INCUAPA 6(6). INCUAPA-CONICET, FACSU-UNICEN, Olavarría, Argentina.
- Martínez, Gustavo, Mariana Brea, Gustavo A. Martínez y Alejandro F. Zucol. 2021. First Anthrachological Studies at the Eastern Pampa-Patagonia Transition (Argentina): Hunter-Gatherers Management of Woody Material and Initial Late Holocene Vegetal Communities Inferred from the Zoko Andi 1 Archaeological Site. *Journal of Arid Environments* 187:104405.
- Martínez, Gustavo y Gustavo A. Martínez. 2017. Ambiente y geoarqueología. En *Arqueología de cazadores-recolectores del curso inferior del Río Colorado (Provincia de Buenos Aires, Argentina): Aportes al conocimiento de las ocupaciones humanas pampeano-patagónicas*, editado por Gustavo Martínez, pp. 68–99. Serie Monográfica INCUAPA 6(6). INCUAPA-CONICET, FACSU-UNICEN, Olavarría, Argentina.
- Martínez, Gustavo A., Gustavo Martínez, Ana L. Fernández y Silvia Grill. 2012. Reconstrucción paleoambiental en ambientes áridos-semiáridos del Pleistoceno tardío-Holoceno en el área de transición pampeano-patagónica oriental: Un enfoque multi-proxy. V Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, Río Cuarto, Córdoba. Actas de resúmenes, pp. 54.
- Martínez, Gustavo, Florencia Santos Valero, Gustavo Flensburg, Natalia Carden, Luciana Stoessel, Ana P. Alcaraz y Erika Borges Vaz. 2017. Was There a Process of Regionalisation in Northeastern Patagonia during the Late Holocene? *Journal of Island and Coastal Archaeology* 12(1):95–114.
- Mathieu, James R. 2002. Introduction. En *Experimental Archaeology: Replicating Past Objects, Behaviors and Processes*, editado por James R. Mathieu, pp. 1–11. BAR International Series 1035. British Archaeological Reports, Oxford.
- Metheny, Karen B. 2016. Experimental Archaeology, Ethnoarchaeology, and the Application of Archaeological Data to the Study of Subsistence, Diet, and Nutrition. En *Nutritional Anthropology and Archaeological Methods*, editado por Janet Chrzan y John A. Brett, pp. 230–245. Berghahn Books, Nueva York.
- Munsell Color Corporation. 1994. *Soil Color Charts*. Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation, Nueva York.
- Nami, Hugo. G. 1982. La arqueología experimental: Nota introductoria. *Enfoque Antropológico* 1(1):1–7.
- Ottalagano, Flavia V. 2010. Decoración experimental de cerámica aplicada al estudio de las técnicas incisas del área del Paraná. *Intersecciones en Antropología* 11(2):237–247.
- Outram, Alan K. 2008. Introduction to Experimental Archaeology. *World Archaeology* 40(1):1–6.
- Ozán, Ivana y Mónica Berón. 2016. Procesos postdeposicionales del registro cerámico superficial de cazadores-recolectores de la provincia de La Pampa. *Comechingonia* 20(2):215–237.
- Palamarczuk, Valeria. 2004. Cocción experimental de cerámica con estiércol de llama. *Intersecciones en Antropología* 5:119–127.
- Pereyra Domingorena, Lucas. 2013. Cerámica experimental con materias primas del sur de los valles Calchaquíes (Noroeste argentino). *Intersecciones en Antropología* 14(1):239–250.
- Pereyra Domingorena, Lucas. 2018. *Informe técnico de alfarería hallada en el curso inferior del Río Colorado: Descripción de pastas cerámicas*. Informe para la Facultad de Ciencias Sociales, Departamento de Arqueología, INCUAPA-CONICET, UNICEN, Olavarría, Argentina.
- Pérez, Alberto E. y Verónica Schuster. 2016. Implicancias experimentales para una tecnología extractiva de crustáceos de agua dulce mediante el uso de alfarería: Lago Lácar, Patagonia noroccidental (Argentina). *Revista del Museo de Antropología* 9(1):13–20.
- Pérez Meroni, Mercedes y Adriana M. Blasi. 1997. Sitio arqueológico “El Ancla”, provincia de Buenos Aires: Ensayos y experimentación de sedimentos pélicos locales para la manufactura cerámica. En *Arqueología pampeana en la década de los '90*, compilado por Mónica A. Berón y Gustavo G. Politis, pp. 147–160. Museo de Historia de San Rafael, Mendoza e INCUAPA, Facultad de Ciencias Sociales, UNCPBA, Olavarría, Argentina.
- Puente, Verónica. 2011. Prácticas de producción alfarera en el Valle del Bolsón (Belén, Catamarca): Materias primas y modos de hacer ca. 900-1600 dC. Tesis doctoral, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Schiffer, Michael B. y James M. Skibo. 1987. Theory and Experiment in the Study of Technological Change. *Current Anthropology* 28:595–622.
- Skibo, James M. 1992. *Pottery Function: A Use Alteration Perspective*. Plenum Press, Nueva York y Londres.

- Stark, Miriam T. 1999. Social Dimensions of Technical Choice in Kalinga Ceramic Traditions. En *Material Meanings: Critical Approaches to the Interpretations of Material Culture*, editado por Elizabeth S. Chilton, pp. 24–43. University of Utah Press, Salt Lake City.
- Wachsman, Néstor. 2021. Donde hubo fuego ... Réplica y ensayos experimentales con un horno cerámico del sitio La Cuestecilla, La Rioja, Argentina: Una propuesta metodológica. *Boletín de Arqueología Experimental* 15:84–119.
- Winschel, Cristina I. y Alejandro Pezzola. 2018. *Avance de la frontera agrícola sobre el monte nativo en Villarino y Patagones, provincia de Buenos Aires, 1975-2018*. Informe técnico del INTA no. 60 Hilario Ascasubi.

---

**Cite this article:** Borges Vaz, Erika, Gustavo Martínez, and Lucas Pereyra Domingorena. 2024. La experimentación como herramienta para el estudio de la alfarería de la transición pampeano-patagónica oriental (Provincia de Buenos Aires, Argentina). *Latin American Antiquity*. <https://doi.org/10.1017/laq.2024.2>.