







# Lo que ganamos con el fuego. Estudio arqueométrico de las temperaturas de cocción en alfarería prehispánica del Delta Superior del río Paraná (Argentina)

## Things we gain in the fire. Archaeometric approach of firing temperatures in pre-Hispanic pottery from the Upper Delta of Paraná River (Argentina)

Violeta Soledad Di Prado<sup>I</sup>  | Mariano Bonomo<sup>II</sup>  | Susana Conconi<sup>III</sup>  |  
Canela Castro<sup>IV</sup>  | Cecilia Genazzini<sup>III</sup>  | Carolina Silva<sup>IV</sup> 

<sup>I</sup>Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Paleontológicas del Cuaternario Pampeano. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Olavarría, Argentina

<sup>II</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Museo de La Plata. Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Argentina

<sup>III</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Centro de Recursos Minerales y Cerámica. La Plata, Argentina

<sup>IV</sup>Museo de La Plata. Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Argentina

**Resumen:** En la arqueología del Nordeste argentino son escasos los trabajos que estudian las condiciones de quema de la alfarería prehispánica, no habiéndose aplicado técnicas físico-químicas que midan las transformaciones que sufre la pared cerámica durante el proceso de cocción. Con el propósito de revertir este estado de situación, aplicamos difracción de rayos X, análisis térmico diferencial y termogravimétrico, y dilatometría sobre 31 muestras de cerámicas arqueológicas recuperadas en los sitios Los Tres Cerros 1 y Cerro Tapera Vázquez (Delta Superior del río Paraná). La mayoría de las muestras (i.e., contenedores restringidos y no restringidos, campanas y cuchara) fue cocida a temperaturas superiores a 550/650 °C e inferiores a 800 °C; cuatro no superaron los 550/650 °C y dos fueron sometidas a temperaturas superiores a los 800/900 °C. A partir de la integración de estos resultados con evidencia etnoarqueológica, experimental y arqueológica interpretamos el amplio rango de temperaturas de cocción detectado (< 550 °C y > 800 °C) como un indicador de quemaduras en estructuras abiertas (i.e., fogones o pozos). Esta información nos permitió discutir hipótesis sobre las condiciones de cocción propuestas en investigaciones previas y plantear a futuro un programa experimental que permitirá conocer distintos aspectos de las quemaduras prehispánicas.

**Palabras clave:** Cerámica arqueológica. DRX. ATD-TG. Dilatometría. Quema.

**Abstract:** In Argentinean Northeast archaeology, few studies address the firing procedures of pre-Hispanic pottery making. Until now, no physical-chemical techniques have been applied to measure the transformations suffered by ceramics during firing. In order to modify this situation, we applied X-ray diffraction, differential thermal and thermogravimetric analysis, and thermal expansion on 31 archaeological ceramic samples recovered at the Los Tres Cerros 1 and Cerro Tapera Vázquez sites (Upper Delta of the Paraná River). Most of the samples (i.e., vessels with a restricted and unrestricted mouth, 'campanas' and 'spoon') were firing at temperatures above 550/650°C and below 800°C; four did not exceed 550/650°C, and two were subjected to temperatures above 800/900°C. These results, joined with ethnoarchaeological, experimental, and archaeological evidence, allowed us to read into the wide range of firing temperatures detected (< 550°C and > 800°C) as indicative of firing in open structures (i.e., bonfires or pits). In addition, this data allowed us to discuss different firing conditions hypotheses proposed in previous research and to develop an experimental program that will allow us to know different aspects of the pre-Hispanic firing procedures.

**Keywords:** Archaeological pottery. XRD. DTA-TG. Thermal expansion. Firing.

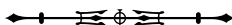
Di Prado, V.S., Bonomo, M., Conconi, S., Castro, C., Genazzini, C., & Silva, C. (2022). Lo que ganamos con el fuego. Estudio arqueométrico de las temperaturas de cocción en alfarería prehispánica del Delta Superior del río Paraná (Argentina). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, 17(3), e20210075. doi: 10.1590/2178-2547-BGOELDI-2021-0075

Autora para correspondência: Violeta Soledad Di Prado. Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Paleontológicas del Cuaternario Pampeano (CONICET, INCUAPA, FACSO-UNICEN). Avenida del Valle, 5737. B7400. Olavarría, Argentina (violetadiprado@hotmail.com).

Recebido em 26/08/2021

Aprovado em 03/03/2022

Responsabilidade editorial: Fernando Ozório de Almeida



## INTRODUCCIÓN

Las arcillas que abundan en la llanura aluvial de los sectores medio y deltaico del río Paraná<sup>1</sup> fueron utilizadas por las sociedades indígenas con múltiples propósitos a partir de los 2000 años AP y continúan siendo empleadas por ceramistas en la actualidad. Si bien en el registro arqueológico sobresale la gran cantidad de recipientes de alfarería destinados a contener, procesar y consumir alimentos, la arcilla también fue usada en tiempos prehispánicos para confeccionar adornos, como cuentas o pendientes, torteros para hilar fibras, pesas de red para la pesca y los tiestos molidos se agregaron como antiplástico en las pastas (Torres, 1907; Outes, 1918; Serrano, 1972; Caggiano, 1984; Rodríguez, 2001; Ceruti, 2003; Ottalagano, 2009; Politis & Bonomo, 2012; Di Prado, 2015; Silva, 2018). Asimismo, las áreas residenciales de las estructuras monticulares (llamadas localmente 'cerritos') se elevaban mediante la acumulación de sedimentos limo-arcillo-arenosos, tiestos y, en menor medida, otros restos culturales (Politis et al., 2011; Castiñeira et al., 2013). Incluso existen referencias etnohistóricas que afirman que los indígenas del Paraná comían bollos de barro fritos en grasa de pescado (Lozano, 1874 citado en Chiri, 1974, p. 246). Pero la arcilla no solo constituyó una materia prima para realizar actividades domésticas sino que, además, fue un medio de expresión identitaria; tal es el caso de las logradas representaciones zoomorfas en dos y tres dimensiones, las piezas troncónicas o cilindriformes con apéndices zoomorfos y sin fondo, denominadas 'campanas' en la literatura, y del agregado de diferentes cantidades de tiesto molido en las pastas (Ottalagano, 2009; Politis & Bonomo, 2012; Bonomo et al., 2021; Di Prado et al., 2020).

A diferencia de otras materias primas, como las rocas, que requieren principalmente de modificaciones mecánicas para ser convertidas en artefactos, la arcilla debe atravesar un proceso de calentamiento, en el que se transforman muchas de sus propiedades originales,

hasta convertirse en cerámica (Rye, 1981, p. 25). La etapa de quema es determinante en la historia de vida de las piezas y, a pesar de su importancia, son escasos los trabajos sobre este tema en la arqueología regional del Nordeste argentino (NEA de aquí en adelante). Esto contrasta con el creciente volumen de información acerca de otras etapas del proceso de manufactura, tales como el aprovisionamiento y la preparación de las materias primas, y el acabado y la decoración de las superficies cerámicas (Caggiano, 1990; Ceruti & González, 2007; Loponte, 2008; Ottalagano, 2009, 2015; Capdepon & Bonomo, 2010-2011; Ottalagano & Pérez, 2013; Letieri et al., 2015; Di Prado, 2015, 2018; Cornero, 2018; Di Prado et al., 2020; Píccoli, 2020; entre otros).

En las investigaciones de la primera mitad del siglo XX, las condiciones de cocción de la alfarería del NEA fueron abordadas principalmente a través del registro del color, con denominaciones no estandarizadas, la luminosidad clara u oscura y mediante analogía directa con ejemplos etnográficos y la tradición oral (Torres, 1907, 1911; Outes, 1918; Serrano, 1921, 1931; Aparicio, 1923; Frenguelli & Aparicio, 1923; Gaspari, 1950; Badano, 1954; véase discusión en Letieri, 1998, pp. 5, 25-26). Por ejemplo, Torres (1911, p. 464) sostuvo que en el Delta del Paraná las alfarerías de color rojizo fueron hechas en hornos, mientras que las de color negruzco fueron cocinadas al aire libre, posiblemente con fuego alrededor y cubiertas con bosta, según le informaron antiguos isleños de la zona. Previamente, este autor había mencionado que las piezas de mayor tamaño serían sometidas dos veces a la acción del fuego (Torres, 1907, p. 90). Frenguelli y Aparicio (1923, p. 40) atribuyeron el color pardo muy claro a la cocción 'deficiente', léase oxidante en términos contemporáneos, y Serrano (1934, p. 166) se refirió a una cocción 'bastante buena' que produjo una tonalidad marrón clara. Serrano (1931, p. 7) además consideró que la cocción en la región fue mayoritariamente

<sup>1</sup> De acuerdo con la división más utilizada en la hidrografía y la arqueología argentinas, el Paraná Medio comienza en la confluencia de los ríos Paraná y Paraguay, y llega hasta el comienzo del Delta Superior del río Paraná, en el arroyo de la Ensenada, en Diamante (véase Bonomo et al., 2010).

'deficiente', producida por la quema de hierbas y ramas secas sobre las vasijas, tal como lo hacían los guató del Mato Grosso brasileño. Iribarne (1937, pp. 182, 184-186, 189) especificó que algunas cerámicas recuperadas en el Paraná poseen pastas amarillo-rojizas o pardo oscuro, y cocción superficial y deficiente, evidenciada esta 'mala cocción' por manchas negras en la superficie externa y un interior negro o 'crudo'; excepcionalmente, la cocción fue 'buena' y alcanzó el interior de la pasta que presenta color pardo claro.

En investigaciones más recientes se han considerado a nivel macro y microscópico, la dureza, los tipos de fractura y las características de las pastas, además del color en distintos sectores de la pared cerámica, para inferir las estructuras y atmósferas de cocción, los rangos de temperatura alcanzados y la duración del proceso de quema (Caggiano et al., 1978; Letieri, 1998; Ceruti, 2003; Ottalagano, 2013; Bonomo et al., 2014; Píccoli, 2014; Di Prado, 2015). Sin embargo, hasta el momento no se han aplicado en la arqueología del NEA técnicas arqueométricas que provean información más precisa sobre la etapa de quema, que sí se han empleado en otras regiones arqueológicas de Argentina como el Noroeste (Cremonte & Botto, 2000; Rasmussen et al., 2012; De La Fuente & Vera, 2016; Zagorodny et al., 2016), la Pampa Húmeda (Mazzanti & Porto López, 2007; Rivas González et al., 2021) y Norpatagonia (Borges Vaz, 2019).

Con este trabajo se busca comenzar a revertir el estado del conocimiento detallado previamente, a partir de la aplicación de tres técnicas físico-químicas: difracción de rayos X, análisis térmico diferencial y termogravimétrico, y dilatometría sobre cerámicas arqueológicas recuperadas en los sitios Los Tres Cerros 1 y Cerro Tapera Vázquez, ubicados en el Delta Superior del río Paraná (Figura 1). La información mineralógica y microestructural obtenida nos permitió inferir los rangos de temperatura alcanzados durante la etapa de cocción. Con base en esta información buscamos: a) identificar si se aplicaron procedimientos de cocción diferentes en la quema de morfotipos cerámicos particulares (i.e., contenedores, campanas y cuchara) y

b) contrastar, sobre la base de información generada con técnicas novedosas para el área de estudio, enunciados acerca de la etapa de cocción propuestos por los/as investigadores/as previamente mencionados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La muestra analizada comprende 31 fragmentos cerámicos recuperados en el sitio Cerro Tapera Vázquez (CTV), localizado en el Parque Nacional Pre-Delta, y en el sitio Los Tres Cerros 1 (LTC1), en la isla Las Moras en el Delta Superior del río Paraná (Figura 1). Ambos han sido caracterizados como contextos Goya-Malabrigo (Politis & Bonomo, 2012, 2018). En el caso de CTV, este fue un campamento residencial cuyas ocupaciones han sido datadas en  $650 \pm 60$  (LP-1989, carbón vegetal) y  $520 \pm 60$  (LP-1993, carbón vegetal)  $^{14}\text{C}$  años AP



Figura 1. Ubicación de los sitios arqueológicos Cerro Tapera Vázquez y Los Tres Cerros 1 en el Delta Superior del río Paraná. Mapa: Diego Gobbo (2021). Fotos: Mariano Bonomo (2009).

(Bonomo et al., 2011, 2014). El sitio refleja una economía estrechamente asociada a los abundantes recursos acuáticos del río Paraná, de los cuales se explotaron sobre todo los mamíferos (*Myocastor coypus*, *Hydrochoerus hydrochaeris*, *Blastocerus dichotomus* y *Ozotoceros bezoarticus*) junto con los peces (Siluriformes y Characiformes) y las aves (*Podiceps major* y aves indet.). Los restos arqueobotánicos muestran la presencia de *Phaseolus* sp., *Zea mays*, *Prosopis* cf. *nigra*, *Canna* sp. y Arecaceae. El conjunto cerámico muestra el predominio de recipientes abiertos de tamaño mediano a grande y formas globulares grandes, de paredes finas y en algunos casos bocas cerradas, de superficies alisadas o pulidas, y cocción en una atmósfera oxidante. Además, se recuperaron apéndices zoomorfos bidimensionales y tridimensionales, decoraciones con surco rítmico, una cuchara y posibles fragmentos de campanas (Bonomo et al., 2011, 2014). La muestra seleccionada de CTV (n = 9) para el presente estudio incluye mayoritariamente fragmentos de vasijas no restringidas (n = 6), restringidas (n = 2) y una cuchara con tubo lateral (Figura 2).

En el caso de LTC1, se desarrollaron actividades domésticas, ligadas a su función residencial, durante el lapso comprendido entre  $1227 \pm 45$  y  $560 \pm 80$  (LP-2295, valvas de *Diplodon* sp.)  $^{14}\text{C}$  años AP (Politis et al., 2011; Castiñeira et al., 2013; Sánchez et al., 2013; Bastourre, 2014) y prácticas mortuorias entre  $849 \pm 45$  (AA98853, óseo humano) y  $650 \pm 70$  (LP 2292, óseo humano)  $^{14}\text{C}$  años AP (Scabuzzo et al., 2015; Castro & Castiñeira, 2018). Se hallaron abundantes restos de roedores como el coipo (*Myocastor coypus*) y el carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*), así como numerosos huesos del cráneo, espinas y vértebras de peces: tararira (*Hoplias malabaricus*), sábalo (*Prochilodus platensis*), boga (*Leporinus obtusidens*), chanchita (*Cichlasoma facetum*) y armado común (*Pterodoras granulosus*). También se recuperaron distintas clases de artefactos óseos: puntas acanaladas, semi-acanaladas y planas con pedúnculo y sin éste, cabezales de arpón y un pendiente (Bastourre, 2014). Los restos arqueobotánicos muestran morfotipos

afines a *Zea mays* (maíz) y cucurbitáceas (Sánchez et al., 2013). El conjunto cerámico incluye principalmente contenedores no restringidos y restringidos de diferentes tamaños con superficies alisadas, masas y rollos de arcilla (desechos de manufactura), 'campanas', una vasija con tres compartimentos en su interior, un tortero, siluetas zoomorfas recortadas y modelados tridimensionales macizos. El inciso rítmico fue la técnica decorativa predominante y se utilizó para trazar elementos de diseño consistentes en líneas rectas, escalonadas y zigzags combinados en motivos no figurativos (Di Prado, 2015). Para este estudio se seleccionaron 22 muestras de LTC1 con diferente morfología y contexto de hallazgo. La mayoría corresponde a vasijas no restringidas (n = 10), posiblemente restringidas (n = 1) e indeterminadas (n = 4); las restantes corresponden a campanas (n = 4); vaso tripartito (n = 1); modelado zoomorfo (n = 1) y masa de arcilla (n = 1) (Figura 2). En cuanto a la proveniencia, 12 muestras fueron halladas en la cima del montículo (área de actividades residenciales) y 10, en la base (área de inhumación y basurero).

La aplicación de difracción de rayos X (DRX), análisis termogravimétrico (TG) y térmico diferencial (ATD), y dilatometría permitió realizar inferencias sólidas sobre las temperaturas de cocción de la cerámica, a partir de la integración de datos mineralógicos y microestructurales. Sin embargo, es necesario aclarar que el alcance y la exactitud de cada una de estas técnicas para inferir temperaturas de cocción depende, a su vez, de la composición de las arcillas y los antiplásticos, de la temperatura de cocción original y de los procesos posdeposicionales que afectaron las muestras en los depósitos arqueológicos (Shepard, 1956; Kingery, 1974; Tite, 1969, 2008; Drebuschak et al., 2005, p. 623; Maniatis, 2009; Maggetti et al., 2011; Palanivel & Rajesh Kumar, 2011; Zhu et al., 2014, p. 563). El análisis por DRX se basa en que si un haz monocromático de rayos X incide en una red cristalina, el haz se dispersa o 'difracta' en direcciones y ángulos específicos. El gráfico obtenido, o patrón de difracción, está asociado al ordenamiento de



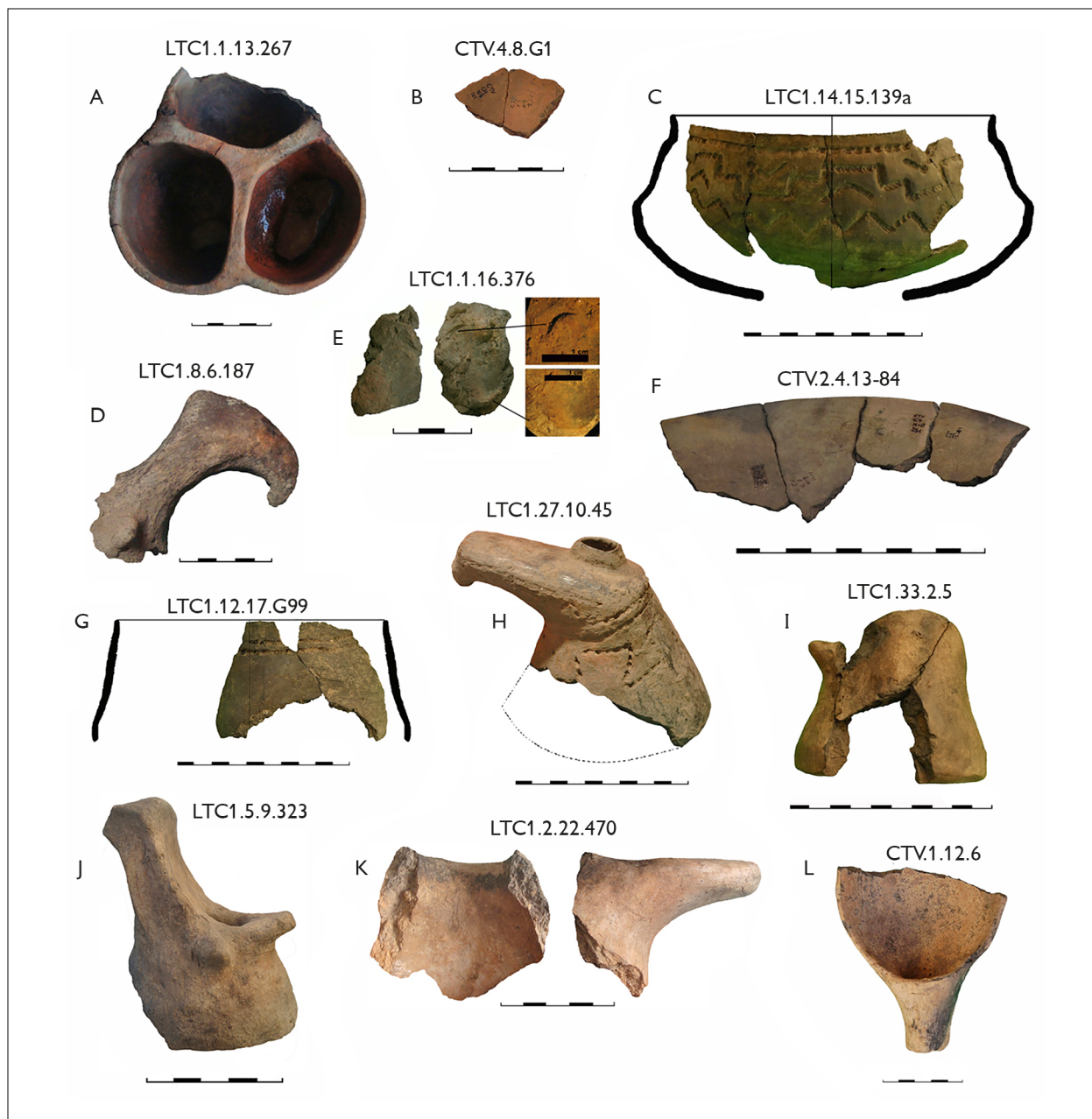


Figura 2. Muestras cerámicas analizadas mediante DRX, ATD-TG y dilatometría.

los átomos en la red cristalina y es característico de cada mineral. Durante la cocción de la cerámica, las materias primas se transforman en otros compuestos cristalinos o amorfos; la técnica de difracción de rayos X permite hacer un seguimiento de la evolución de las fases en el material en

función de la temperatura alcanzada. La identificación por DRX de determinados minerales, establece a temperaturas específicas, permite inferir las temperaturas de cocción (Shepard, 1956, p. 147; Maggetti, 1982; Heimann, 2017; Quinn & Benzonelli, 2018).

Los análisis térmicos comprenden varias técnicas en las que se analizan el comportamiento y las variaciones de alguna magnitud al someter una muestra a un programa de calentamiento. Mediante TG se registran las variaciones de masa de la muestra sometida a calentamiento, por ejemplo, debidas a deshidrataciones o descomposiciones de sus componentes. El análisis de ATD consiste en calentar un material térmicamente activo (en este caso la cerámica) en simultáneo con un material térmicamente inerte (e.g., óxido de aluminio) para medir las diferencias de temperatura entre ambos (Shepard, 1956, pp. 145-146; Kingery, 1974, p. 109; Palanivel & Rajesh Kumar, 2011). Estos cambios de temperatura que se presentan en el material analizado se corresponden con procesos físicos o químicos que involucran absorción o desorción de energía. Cuando una pasta cerámica se ha cocido a una cierta temperatura, algunos de estos procesos son irreversibles (e.g., deshidroxilación de arcillas); al volver a calentar la muestra es esperable que no presente indicios de estos procesos irreversibles. Someter una cerámica a un calentamiento programado puede mostrar procesos que no se produjeron en la cocción original e indicar el rango de las temperaturas máximas alcanzadas en el pasado.

Por último, la eficacia de la dilatometría se apoya en dos principios. El primero supone que cuando las arcillas son cocidas se contraen como resultado de varios procesos de sinterización/vitrificación<sup>2</sup>; si una cerámica que ha sido previamente cocida es recalentada lentamente desde la temperatura ambiente, exhibirá una expansión térmica reversible hasta alcanzar la temperatura original de quema. El segundo fundamento asume que cuando la temperatura de recalentamiento excede la temperatura de quema original, la cerámica comenzará a contraerse (Roberts, 1963; Tite, 1969; Zhu et al., 2014). Esta técnica posee limitaciones para medir las

temperaturas de cocción en cerámicas arqueológicas cuya pasta contiene calcita o cuya cocción original no superó los 800/900 °C (Tite, 1969, p. 139; Zhu et al., 2014); en estos casos es de utilidad aplicar técnicas mineralógicas complementarias como DRX.

El análisis de las muestras se realizó en el Centro de Tecnología de Recursos Minerales y Cerámica, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CETMIC, CONICET - La Plata). La DRX se realizó en un difractómetro de rayos X Panalytical X'Pert (barrido entre 3 y 70°, con un paso de 0,04° y 2 segundos por paso). El método de Rietveld (Rietveld, 1969) fue utilizado para la determinación cuantitativa de los componentes cristalinos identificados por DRX, debido a que ajusta punto a punto las intensidades experimentales del espectro general con las calculadas. Para la lectura de los difractogramas se utilizó el programa 'FULLPROF' (Rodríguez-Caravajal, 1990). Los ATD-TG se realizaron en un equipo Netzsch STA409/C y un equipo Rigaku Thermo Plus EVO2 (calentamiento hasta 1050 °C, en crisoles de Pt, a una velocidad de 10 °C/min y aproximadamente 200 mg de muestra en el NETZSCH, y 40 mg en el Rigaku). La técnica dilatómétrica se aplicó con un dilatómetro Rigaku Thermo Plus EVO2 a 10 °C/min hasta 1000 °C, sobre barras de entre 10 y 20 mm de largo, y 4 x 4 mm de base, aproximadamente.

## RESULTADOS

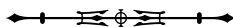
### DIFRACCIÓN DE RAYOS X (DRX)

En general, la composición mineralógica de la fase cristalina de las muestras es similar (Tabla 1). Entre los argilominerales, la illita predomina con un valor mínimo de 4% y con un máximo de 33% (ambos valores fueron identificados en muestras de LTC1); la caolinita se registró en cuatro muestras de LTC1, con valores

<sup>2</sup> La sinterización consiste en la contracción del material por eliminación de poros y espacios entre partículas, para dar lugar a un material homogéneo y compacto. La vitrificación implica la formación de sustancias 'vitreas', no cristalinas, en algún momento del proceso de cocción y ocurre en un rango amplio de temperatura, a partir de los 800 °C. La vitrificación se superpone con la sinterización y la favorece por llenado de los huecos y poros, y porque ayuda a la migración de los átomos en fase semifundida.

Tabla 1. Composición mineralógica de la fase cristalina obtenida mediante DRX. Referencias: LTC1 = Los Tres Cerros 1; CTV = Cerro Tapera Vázquez; Qz = cuarzo; FC = feldespatos calcosódicos; FK = feldespatos potásicos; I = illita; K = caolinita; Sm = esmectita;  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  = óxidos de hierro; Cal = calcita; Tr = trazas; \* = posiblemente restringida.

Código de muestra	Abreviatura en Figuras 3-6	Morfología	Composición %								
			Qz	FC	FK	I	K	Sm	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	Cal	Amorfo
LTC1.33.2.5	5	Campana	19	6	7	24	-	-	Tr	-	44
LTC1.31.6.178	178	No restringida	19	6	6	18	-	-	Tr	-	50
LTC1.14.15.139a	139a	No restringida	21	9	6	26	5	-	1	-	32
LTC1.12.3.G16	G16	No restringida	19	6	6	22	-	-	Tr	-	46
LTC1.1.9.140b	140b	No observable	16	7	6	14	-	-	Tr	-	56
LTC1.8.6.187	187	Apéndice	14	8	5	26	9	-	2	-	37
LTC1.12.17.G99	G99	No restringida	24	7	7	25	-	-	1	-	35
LTC1.30.7.135	135	No restringida	18	7	6	24	-	-	1	-	43
LTC1.12.8.37	37	No restringida	18	6	6	24	-	-	1	-	45
LTC1.32.5.47	47	No observable	26	7	5	20	4	-	1	-	37
LTC1.31.8.140	140	No restringida	28	8	7	20	-	-	tr	-	38
LTC1.11.10.95	95	No restringida	17	6	6	16	-	-	1	-	54
LTC1.1.13.267	267	Vaso tripartito	25	6	5	4	-	-	tr	-	61
LTC1.3.44.G1	-	No restringida	23	6	6	32	-	-	tr	-	33
LTC1.3.30.269	-	Restringida	21	8	6	28	-	-	1	-	36
LTC1.2.25.496a-c	-	No restringida	27	8	6	30	-	-	tr	-	28
LTC1.1.5.G1	-	No restringida	15	6	5	22	-	-	tr	-	52
LTC1.27.10.45	45	Campana	16	9	7	32	-	-	tr	-	35
LTC1.1.16.87	-	No restringida	28	7	6	33	-	-	tr	-	26
LTC1.5.9.323	323	Campana	20	10	9	25	-	-	tr	-	37
LTC1.2.22.470	470	Campana	22	7	6	32	-	-	tr	-	32
LTC1.1.16.376	-	Masa de arcilla	43	7	5	18	9	18	-	-	-
CTV.1.12.6	6	Cuchara	19,6	5,4	1,5	23,0	-	-	0,7	-	49,8
CTV.10.9.4H	4H	*Restringida	18,7	3,4	1,0	19,3	-	-	0,7	-	57,0
CTV.4.5.28B	28B	Restringida	19,6	4,4	1,0	20,4	-	-	0,7	tr	53,9
CTV.5.10.4F	4F	No observable	24,2	8,4	3,7	28,7	-	-	0,8	-	34,2
CTV.10.7.5A	5A	No restringida	30,2	6,0	2,0	19,2	-	-	tr	-	42,4
CTV.4.8.G1	G1	No restringida	28,7	3,6	2,3	8,5	-	-	1,4	-	55,5
CTV.5.10.3B	3B	No restringida	21,5	6,8	2,2	26,5	-	-	1,0	-	41,9
CTV.2.4.13-84	13-84	No restringida	52,7	10,6	3,4	18,1	-	-	tr	tr	15,2
CTV.7.1.36-2	36-2	No restringida	26,6	6,1	1,6	21,9	-	-	0,8	-	43,0



que oscilan entre 4 y 9%; y la esmectita está presente solo en una muestra del mismo sitio, con un valor de 18%. Entre los cristaloclastos predomina el cuarzo, con porcentajes comprendidos entre 14 y 52%, y le siguen los feldespatos calcosódicos y potásicos, en porcentajes que no superan el 10%. La presencia de óxidos de hierro en porcentajes que no superan el 2% se reconoció en casi la totalidad de las muestras. En dos muestras de CTV se reconocieron trazas de calcita. Por último, en los difractogramas se observa una banda representativa de material no cristalino entre 15 y 30°, que representa el 15 y 61% (Tabla 1, Figura 3).

La presencia de illita en todas las muestras indica que las cerámicas no alcanzaron temperaturas mayores a 900 °C (Maggetti et al., 2011, p. 506, y trabajos allí citados),

a excepción de dos muestras (LTC1.1.13.267 y CTV.4.8.G1; Tabla 1) en cuyos difractogramas, si bien se observan restos de arcillas (pico en 19° en Figura 3), no se aprecian los picos que permiten identificar claramente la especie argilomineral. A nivel macroscópico estas dos cerámicas (Figuras 2A-2B) presentan superficies y paredes de color naranja, aunque el sector del núcleo de LTC1.1.13.267 es de color gris oscuro, y una textura más compacta que el resto de los tiestos. Estas evidencias permiten inferir que habrían sido sometidas a temperaturas mayores que las restantes.

Por otra parte, la presencia de caolinita (Tabla 1, Figuras 3 y 4A) en cuatro muestras procedentes de LTC1 (LTC1.14.15.139a, LTC1.8.6.187, LTC1.1.16.376, LTC1.32.5.47; Figuras 2C-2E) indica que estas cerámicas

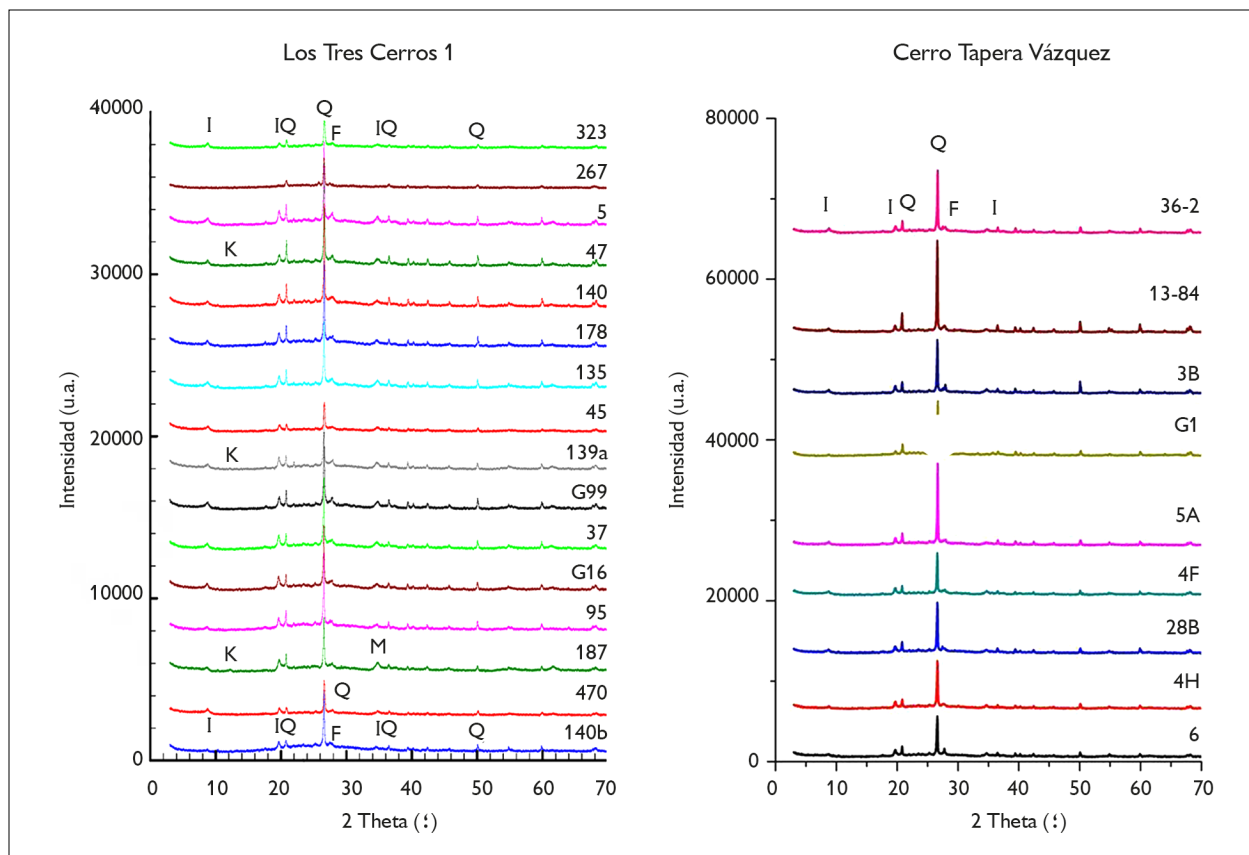


Figura 3. Difractogramas correspondientes a muestras cerámicas de LTC1 y CTV. Referencias: u.a. = unidades arbitrarias; 2 Theta = 2 veces el ángulo de Bragg; I = illita; Q = cuarzo; F = feldespatos; K = caolinita; M = mica.



no alcanzaron durante la cocción temperaturas superiores a 550-650 °C o que el tiempo de permanencia fue corto. Cuando se superan estos rangos de temperatura la estructura característica de la caolinita se modifica por un proceso denominado segunda deshidroxilación (pérdida de grupos hidroxilos) y en los difractogramas no se visualizan los picos que permiten identificarla (McConville & Lee, 2005; Palanivel & Rajesh Kumar, 2011, p. 201; Zemenová et al., 2014; Andrini et al., 2016). Una de estas muestras corresponde a un modelado zoomorfo tridimensional macizo (Figura 2D), cuyo gran espesor podría haber causado que la cocción no sea uniforme en toda la pieza y que, por ejemplo, las máximas temperaturas no hayan alcanzado al núcleo. Una de las muestras (Figuras 2E y 4) que posee caolinita (9%) es la única que exhibe un tercer tipo de arcilla, la esmectita, que también sufre un proceso de deshidroxilación por debajo de los 600 °C (Pytte & Reynolds, 1989; McConville & Lee, 2005). Si bien las esmectitas sometidas a temperaturas superiores a los 600 °C forman una fase deshidroxilada estable que puede conservar parte de la estructura cristalina original, esta persistencia no puede ser detectada mediante DRX. En condiciones hidrotermales y concentraciones de potasio, las esmectitas pueden transformarse en illitas; este proceso, denominado illitización, ocurre a partir de los 250/325 °C (Pytte & Reynolds, 1989; Leguey Jiménez et al., 2002, pp. 18-19).

La muestra que contiene caolinita y esmectita (Figura 4A) es una masa de arcilla con huellas de uñas y dedos (Figura 2E), que fue interpretada como una porción de mezcla arcillosa empleada en la producción (desecho de manufactura) que no estuvo expuesta al fuego o fue parcialmente cocida de manera no intencional (Di Prado, 2018). Desde el punto de vista composicional, esta muestra presenta claras similitudes con los sedimentos que conforman la base del cerrito y aquellos de la planicie aluvial que circundan LTC1, compuestos por illita (entre 55 y > 70%); clorita/caolinita (entre 20 y 25%) y esmectita (entre < 8 y 30%) (Politis et al., 2011; Castiñeira et al., 2013).

La comparación de ambos tipos de evidencia permitió plantear el aprovisionamiento local de arcillas para la manufactura de alfarería *in situ* en LTC1 (Di Prado, 2015, 2018).

Por último, las trazas de calcita en dos muestras recuperadas en CTV (CTV.4.5.28B y CTV.2.4.13-84; Tabla 1) tendrían un origen posdeposicional. Esta inferencia se apoya, por un lado, en los sedimentos compactos con carbonatos detectados durante la excavación y en que algunos especímenes óseos hallados en CTV (n = 12) presentan deposiciones de carbonato de calcio (Bonomo et al., 2014) y, por el otro lado, en que no se reconocieron, mediante petrografía de pastas, inclusiones no plásticas calcíticas en las muestras cerámicas de CTV (Di Prado et al., 2020).

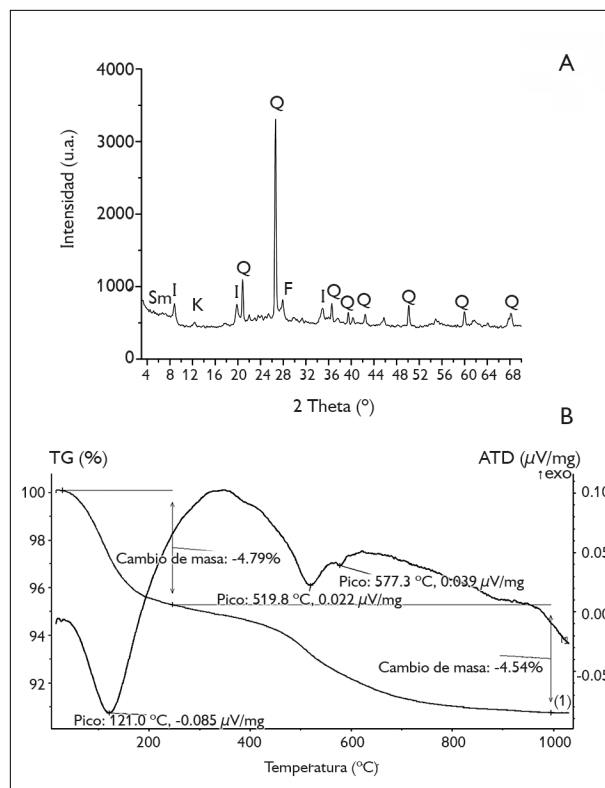


Figura 4. Difractograma (A) y análisis ATD-TG (B) correspondientes a la muestra LTC1.1.16.376. Referencias: u.a. = unidades arbitrarias; 2 Theta = 2 veces el ángulo de Bragg; Sm = esmectita; I = illita; Q = cuarzo; F = feldespatos; K = caolinita; TG (%) = variación de masa en porcentaje de la masa inicial; ATD (μV/mg) = microvolts (unidades de ATD).

## ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO (TG) Y TÉRMICO DIFERENCIAL (ATD)

Todas las muestras presentan gráficos con características similares, en los que se observa una primera región de deshidratación hasta los 200 °C, acompañada por bandas endotérmicas y, luego, una zona de pérdida de masa a partir de los 300 °C, acompañada por bandas exotérmicas de diferente intensidad y asociada a la combustión de la materia orgánica (Figura 5). Algunas muestras (CTV.4.8.G1 y CTV.5.10.4F, G1 y 4F en Figuras 5C-5F) presentaron bandas de materia orgánica menores. También en el termograma de CTV.4.8.G1 (Figura 5F) se observa una muy menor pérdida de peso, que coincide con una menor banda exotérmica de la combustión de materia orgánica.

En las muestras con caolinita se observa claramente la descomposición de este tipo de arcilla en las curvas de los gráficos correspondientes a LTC1.8.6.187 y LTC1.32.5.47 (187 y 47 en Figura 5B), mientras que en la curva de LTC1.14.15.139a se observan picos de menor intensidad (139a en Figura 5B). La descomposición de la

caolinita se visualiza mejor en los gráficos ATD (Figuras 5A-5B). En los termogramas (Figuras 5D-5F), en cambio, se superponen las pérdidas de masa por la combustión de la materia orgánica y las pérdidas por la descomposición de la caolinita. Estos resultados refuerzan la propuesta de que estas muestras no alcanzaron, durante la cocción, temperaturas mayores a 550/650 °C. En la muestra LTC1.1.16.376 también se observaron las pérdidas de peso y los picos correspondientes a la descomposición de arcillas (Figura 4B). Se detectó una pérdida de masa y una banda endotérmica antes de los 200 °C y otra banda endotérmica centrada en 520 °C con el pico de transformación del cuarzo a 577,3 °C, correspondiente a la descomposición de las arcillas, acompañada de pérdida de masa.

Varias muestras presentan un pico pequeño exotérmico, alrededor de los 700 °C, que podría asociarse a la oxidación de la magnetita. En la muestra LTC1.12.17.G99 (Figura 2G) se observó la mayor pérdida de peso, acompañada por una gran banda exotérmica, que indicaría una mayor cantidad de materia orgánica

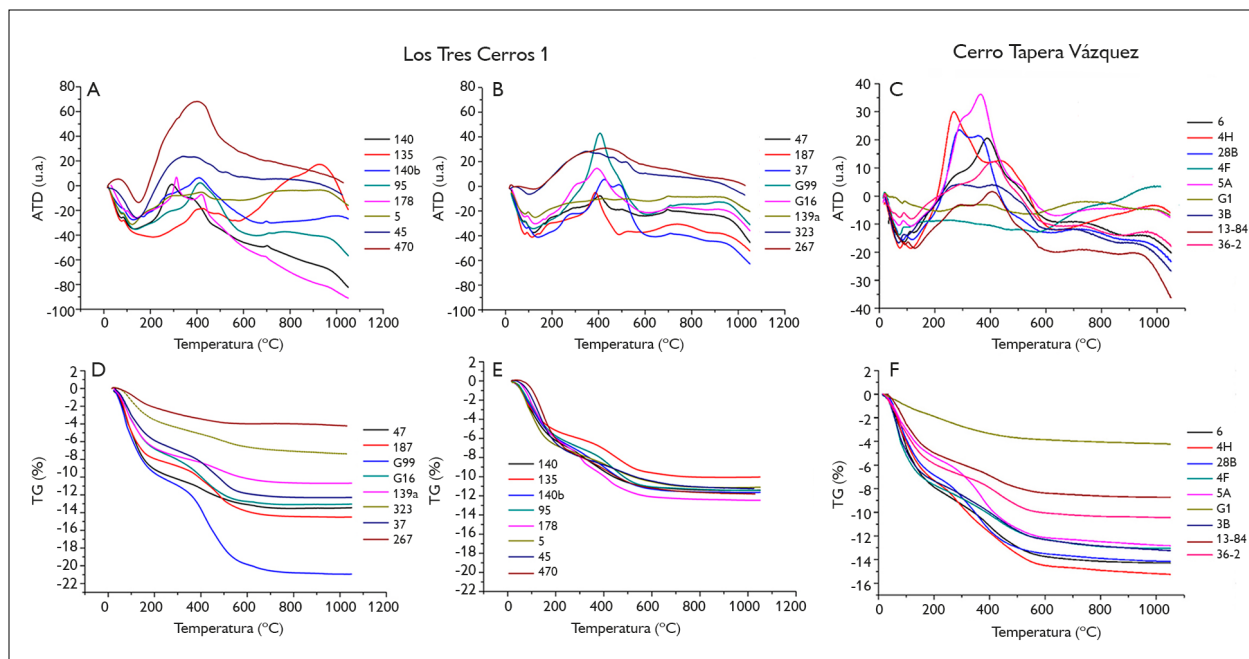


Figura 5. Análisis termogravimétrico (ATD) y térmico diferencial (TG) correspondientes a las muestras cerámicas de LTC1 y CTV. Referencias: u.a. = unidades arbitrarias; TG (%) = variación de masa en porcentaje de la masa inicial.

(Figuras 5B, 5D). En el gráfico (Figura 5C) correspondiente a CTV.2.4.13-84 (Figura 2F) se observa un pequeño pico en 570 °C que corresponde a la transformación alfa beta del cuarzo, coincidiendo con la mayor cantidad de esta fase determinada por DRX (13-84 en Figura 3). Algunas de las cerámicas color marrón oscuro adquirieron color rojo ladrillo al ser calcinadas a 1050 °C, lo que confirma la presencia de hierro.

### DILATOMETRÍA (DL)

Todas las muestras de LTC1 presentaron cambios abruptos en las dilatométrías a partir de los 800 °C, aunque presentaron leves desviaciones de la línea de base a partir de los 650-700 °C (Figuras 6A-6B). Una de las muestras que presenta caolinita (LTC1.8.6.187; Figura 2D), exhibe una mayor contracción en la primera zona y un comienzo más abrupto de la contracción a altas temperaturas, que coincide con la descomposición incompleta de este argilomineral. La mayoría de las muestras de CTV presentaron leves contracciones entre 200 y 400 °C, y cambios abruptos (contracciones) en las dilatométrías a partir de los 800 °C (Figura 6C). Todas presentaron una leve dilatación entre 500 y 650 °C debida a la transformación de cuarzo alfa a cuarzo beta a 573 °C, aproximadamente. Dos muestras de CTV (CTV.4.8.G1 y CTV.2.4.13-84; Figuras 2B, 2F) presentaron un comportamiento diferente, debido a que no muestran contracciones debajo de 400 °C y se mantuvieron sin cambios hasta aproximadamente 900-950 °C y la contracción final fue menor al 3%, que podría explicarse por la exposición a temperaturas comprendidas entre 800 y 950 °C. En el caso de CTV.4.8.G1 los resultados de la DRX respaldan esta hipótesis.

### DISCUSIÓN Y CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados provistos por DRX permitieron inferir que la mayor parte de las muestras de LTC1 y CTV (i.e., contenedores restringidos y no restringidos, campanas y cuchara) fue cocida a temperaturas superiores a

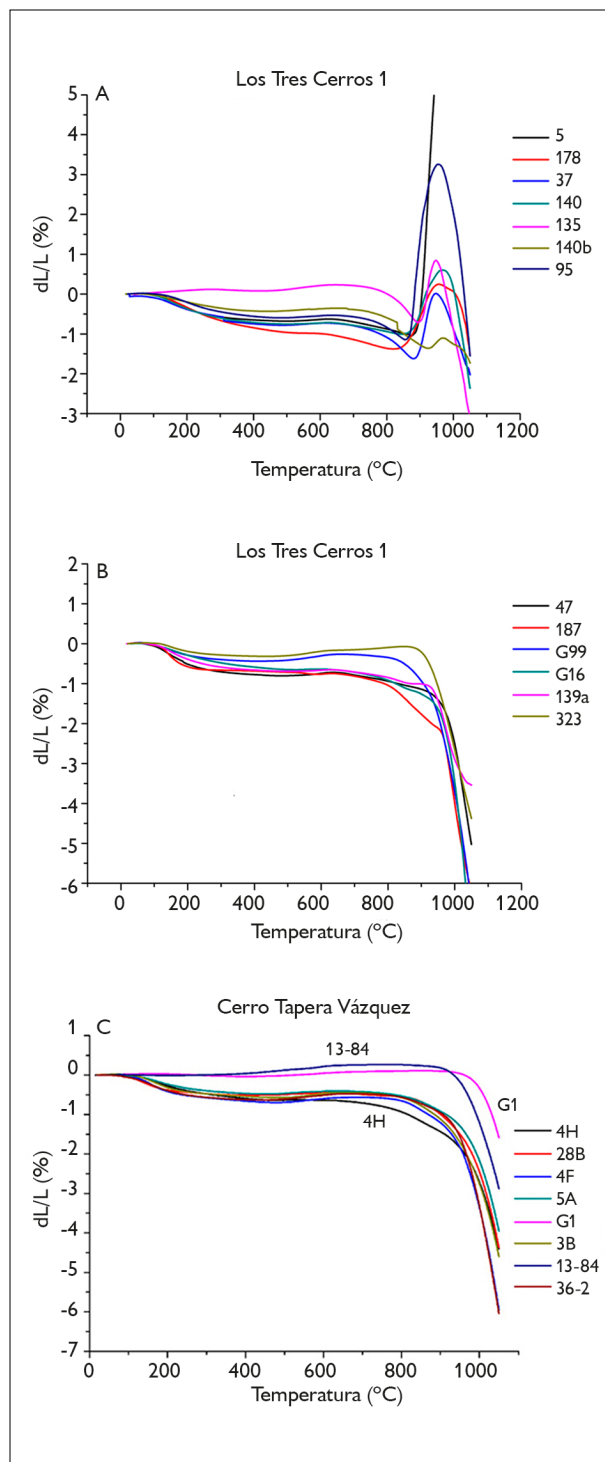


Figura 6. Dilatométrías correspondientes a las muestras cerámicas de LTC1 y CTV. Referencias: dL/L(%) = variación de la longitud de la probeta en porcentaje.

550/650 °C e inferiores a 800/900 °C. Entre las restantes muestras, cuatro (i.e., masa de arcilla, apéndice zoomorfo, recipiente no restringido y pieza de forma no observable) no superaron los 550/650 °C y solamente dos (vaso tripartito y contenedor no restringido) fueron sometidas a temperaturas superiores a los 800/900 °C. La información obtenida mediante ATD-TG confirmó esta tendencia y las dilatométrías permitieron ajustar el límite superior del rango de temperaturas al que fueron cocidas la mayoría de las muestras en aproximadamente 800 °C.

Ahora bien, cabe preguntarse ¿qué aspectos de las prácticas prehispánicas de quema podemos inferir a partir de los rangos de temperatura aquí obtenidos? La respuesta es que, aunque depende del caso particular y la información contextual, los rangos de temperatura por sí solos no nos brindan evidencia concluyente acerca de la estructura de quema, el combustible, la tasa de calentamiento y el tiempo de exposición a las temperaturas máximas (Gosselain, 1992; Livingstone Smith, 2001, p. 1001; Tite, 2008). En estudios etnoarqueológicos y experimentales se han observado en dos quemas realizadas por el mismo alfarero, de acuerdo con el mismo procedimiento, temperaturas ubicadas en los extremos del rango de variación. Incluso se ha detectado una diferencia de hasta 200 °C en mediciones efectuadas en dos puntos distintos del exterior de una misma vasija; en un mismo evento de quema una vasija alcanzará diferentes temperaturas máximas según se midan en la superficie interna o en la externa (Gosselain, 1992; Livingstone Smith, 2001; Maggetti et al., 2011).

En el mismo sentido, al comparar estructuras abiertas de quema con hornos, los rangos de temperatura alcanzados en uno y otro procedimiento se superponen. Dicho de otro modo, diferentes procedimientos de quema pueden resultar en perfiles térmicos similares. Si la cocción a cielo abierto puede producir temperaturas máximas promedio más bajas (550-950 °C) que los hornos (650-900 °C), esto no necesariamente sucede (Gosselain, 1992; Livingstone Smith, 2001). El valor promedio es similar para ambas modalidades de cocción y el rango superior de temperatura

máxima es más alto para cocciones abiertas que para hornos, con una amplia superposición entre los 700 y 800 °C (Livingstone Smith, 2001, p. 998). Aunque Tite (2008) afirma que, a pesar de esta superposición, en los hornos el aporte de calor es mayor debido al tiempo de cocción más prolongado y, por lo tanto, las temperaturas tenderán a ser más elevadas. Otras variables, tales como la velocidad de calentamiento (más rápida en quemas abiertas que en hornos) y el tiempo de permanencia o exposición a las temperaturas máximas alcanzadas (menor en estructuras abiertas que en hornos) parecen ser indicadores más sólidos para diferenciar entre los tipos de estructura empleados en el pasado (Gosselain, 1992, pp. 244-246).

Entonces ¿por qué determinar las temperaturas de cocción cuando abundante literatura arqueológica y etnoarqueológica afirma que no nos permiten efectuar inferencias más relevantes acerca de las prácticas prehispánicas de cocción? Esta pregunta no tiene una, sino dos respuestas. En primer lugar, constituye un dato fundamental para diseñar un programa experimental de alcance microrregional para reconstruir y replicar el proceso de producción alfarera, con objetivos científicos y de divulgación en conjunto con los y las ceramistas que actualmente reproducen la cerámica Goya-Malabrigo, como los de la asociación Taller Flotante de Victoria, Entre Ríos (Taller Flotante, s.d.).

En segundo lugar, es necesario actualizar el conocimiento sobre este tema mediante las técnicas disponibles, para contrastar interpretaciones sobre las estrategias de cocción basadas, principalmente, en las variaciones cromáticas de la alfarería. En el sector medio del Paraná se ha sugerido que en los repertorios alfareros Goya-Malabrigo los fragmentos oxidantes bien cocidos son escasísimos, con excepción de las campanas; cuyas paredes de color naranja homogéneo serían el resultado de cocción en atmósfera oxidante completa, un tratamiento especial con cambios de posición durante la quema o bien quemas independientes (Ceruti, 2003, pp. 118-119). En el mismo sentido, las tonalidades naranjas y rojizas de las campanas

han sido interpretadas como el resultado de requerimientos técnicos específicos, como por ejemplo, quemas más largas o exposición a temperaturas más elevadas (Ottalagano, 2015, p. 25). En contraste con estas propuestas, las cuatro campanas de LTC1 aquí analizadas (Figuras 2H-2K) presentan sectores oscuros en la pared (Di Prado, 2015) y no fueron sometidas a temperaturas más elevadas que el resto de las muestras analizadas, sino que fueron cocidas a temperaturas comprendidas entre 550/650 °C y 800/900 °C, al igual que la mayoría de las muestras aquí analizadas. En cambio, las pastas de estas piezas, que funcionaron como medios materiales de identificación social entre las sociedades prehispánicas del sur del NEA, sí presentan características distintivas, tales como baja proporción de inclusiones (< 20%) y abundancia media de cavidades (10-20%) (Di Prado et al., 2020).

El uso de hornos para la cocción uniforme y lenta de la cerámica en el Delta del Paraná fue planteado en un principio por Torres (1911, p. 88), aunque fue fuertemente cuestionado por Frenguelli y Aparicio (1923, pp. 99-100), quienes postularon que la cocción en el Paraná siempre se realizó en fogones al aire libre. A nivel regional se han detectado anillos de tierra cocida de coloración rojiza que fueron atribuidos a bocas de hornos, a los cuales se le asocian frecuentemente fragmentos cerámicos. Estos 'hornitos' han sido atribuidos a la entidad Esperanza (Rodríguez & Ceruti, 1999) y se los suele localizar en la llanura atravesada por los afluentes de la margen derecha del Paraná, en las provincias de Santa Fe, Santiago del Estero, Chaco y Formosa, pero no se registran en las islas del Paraná, ni en Entre Ríos (Ceruti, 1992). En el área de estudio no se han detectado estas estructuras de tierra cocida ni tampoco pozos que puedan asociarse con la cocción de cerámica.

En cambio, tanto en CTV como en la cima de LTC1 se registraron concentraciones de carbones y fogones en los que se utilizaron de forma combinada leñas blandas, como las obtenidas del laurel (*Ocotea* sp.), curupí (*Sapium* sp.), timbó colorado (*Enterolobium* sp.) y del ceibo (*Erythrina* sp.), y leñas duras, como las

que se obtienen del espinillo (*Acacia* sp.) y del algarrobo (*Prosopis* sp.), con alto poder calórico (4200-4600 kcal/kg) (Bonomo et al., 2011; Brea et al., 2013; Ramos et al., 2020). Muy posiblemente, estas estructuras no se utilizaron solamente para cocinar comida y obtener calor y luz, sino también para cocer la alfarería. En suma, a partir de la evidencia etnoarqueológica, experimental y arqueológica consideramos el amplio rango de temperaturas de cocción detectado (< 550 °C y > 800 °C) como un indicador de quemas en estructuras abiertas (fogones o pozos). A futuro se explorarán, a través de ensayos experimentales, distintos aspectos de la quema tales como el tiempo de secado, permanencia y enfriamiento, las temperaturas mínimas y máximas alcanzadas en diferentes estructuras abiertas con combustibles disponibles localmente, hasta alcanzar una caracterización más completa de los procedimientos de quema en el Delta Superior del Paraná.

Con este trabajo se buscó comprender con mayor profundidad la cerámica Goya-Malabrigo, una de las manifestaciones artísticas más distintivas de la arqueología argentina. El material cerámico es el más abundante que ha sobrevivido al paso del tiempo en los numerosos sitios arqueológicos del NEA y por ello se ha constituido en un elemento clave para reconstruir el pasado de estas sociedades y los procesos de diferenciación e interacción social en los que estuvieron inmersas por casi dos milenios. Es por ello que estos artefactos requieren del análisis detallado y preciso de su manufactura, y, específicamente, del proceso que transforma la arcilla en cerámica: la cocción. Los análisis aquí desarrollados muestran que para cocer esta elaborada cerámica se requerían temperaturas inferiores a 800/900 °C y confirman que se utilizaron estructuras abiertas de quema, algo característico de distintas sociedades indígenas de las tierras bajas de América del Sur. En suma, realizamos un aporte significativo a la caracterización de la tradición tecnológica prehispánica de los ceramistas del sur del NEA, que está siendo abordada en el marco de las herramientas conceptuales de estilo tecnológico y *chaîne opératoire*.



## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada gracias a los proyectos subsidiados PICT 2016-1064 (ANPCYT) y (UNLP 11/N885) dirigidos por el Dr. Mariano Bonomo. Queremos agradecer a Fabián Letieri por facilitarnos bibliografía y al Lic. Diego Gobbo, personal técnico de la División Arqueología del Museo de La Plata, por la confección de la Figura 1.

## REFERENCIAS

- Andrini, L., Gauna, M. R., Conconi, M. S., Suarez, G., Requejo, F. G., Aglietti, E. F., & Rendtorff, N. M. (2016). Extended and local structural description of a kaolinitic clay, its fired ceramics and intermediates: an XRD and XANES analysis. *Applied Clay Science*, 124-125, 39-45. <http://doi.org/10.1016/j.clay.2016.01.049>
- Aparicio, F. (1923). Un nuevo tipo de representaciones plásticas. *Revista de la Universidad de Buenos Aires*, 51, 94-106.
- Badano, V.M. (1954). Caracteres del arte plástico indígena del Paraná Inferior. *Actas del Congreso Internacional de Americanistas*, 31, 777-800.
- Bastourre, L. (2014). Estudios arqueofaunísticos en el Delta Superior del Paraná: El sitio Los Tres Cerros 1 (Provincia de Entre Ríos, Argentina). *Revista Chilena de Antropología*, (30), 109-115.
- Bonomo, M., Politis, G. G., & Castro, J. C. (2010). Primeros resultados de las investigaciones arqueológicas en el delta superior del Paraná y su contribución al atlas arqueológico de la provincia de Entre Ríos. *Folia Histórica del Nordeste*, (18), 33-58. <http://doi.org/10.30972/fhn.0183412>
- Bonomo, M., Colobig, M., Passeggi, E., Zucol, A., & Brea, M. (2011). Multidisciplinary studies at Cerro Tapera Vázquez site, Pre-Delta National Park, Argentina: the archaeological, sedimentological and paleobotanical evidence. *Quaternary Internacional*, 245(1), 48-61. <http://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.11.018>
- Bonomo, M., Castro, J. C., & Silva, C. (2014). Tecnología y subsistencia en el sitio arqueológico Cerro Tapera Vázquez (Parque Nacional Pre-Delta, República Argentina). *Cadernos do LEPAARQ*, 11(22), 63-92.
- Bonomo, M., Politis, G. G., Bastourre, L., & Moreira, G. (2021). Humanized nature: symbolic representation of fauna in pottery from the Paraná River of South America. In M. Bonomo & S. Archila (Eds.), *South American contributions to world archaeology* (One World Archaeology Series, pp. 411-446). Springer-Nature. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-73998-0\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-030-73998-0_16)
- Borges Vaz, E. (2019). *Modos de hacer y representar: las prácticas alfareras en el curso inferior del río Colorado, durante el Holoceno tardío* [Tesis doctoral inédita, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Olavarría, Argentina].
- Brea, M., Franco, M. J., Bonomo, M., & Politis, G. G. (2013). Análisis antracológico preliminar del sitio arqueológico Los Tres Cerros 1 (Delta Superior del río Paraná). *Revista del Museo de La Plata*, 13(87), 345-360.
- Caggiano, M. A., Flores, O., Méndez, M. G., & Salceda, S. (1978). Nuevos aportes para el conocimiento antropológico del Delta del Paraná. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 12, 155-174.
- Caggiano, M. A. (1984). Prehistoria del N.E. argentino: Sus vinculaciones con la República Oriental del Uruguay y sur de Brasil. *Pesquisas*, 38, 5-109.
- Caggiano, M. A. (1990). Los Ribereños Plásticos del Delta del Paraná. *Revista do CEPA*, 17(20), 415-435.
- Capdepon, I., & Bonomo, M. (2010-2011). Análisis petrográfico de material cerámico del Delta del Paraná. *Anales de Arqueología y Etnología*, (65-66), 127-147. <https://bdigital.uncu.edu.ar/7780>
- Castiñeira, C., Blasi, A., Politis, G. G., Bonomo, M., del Puerto, L., Huarte, R., Carbonari, J., & García-Rodríguez, F. (2013). The origin and construction of pre-Hispanic mounds in the Upper Delta of the Paraná River (Argentina). *Archaeological and Anthropological Sciences*, 5, 37-57. <http://doi.org/10.1007/s12520-012-0107-2>
- Castro, C., & Castiñeira, C. (2018). Variabilidad espacial y temporal de los cerritos del Delta Superior del río Paraná. In G. Politis & M. Bonomo (Eds.), *Goya-Malabrigo: Arqueología de una sociedad indígena del Noreste argentino* (pp. 108-127). Editorial UNICEN.
- Ceruti, C. N. (1992). Cambios climáticos y poblaciones prehistóricas en el Litoral Argentino. In M. Iriondo (Ed.), *El Holoceno en la Argentina* (Vol. 1, pp. 39-49). Comité Argentino para el Estudio del Cuaternario, CADINQUA.
- Ceruti, C. N. (2003). Entidades culturales presentes en la cuenca del Paraná medio (margen entrerriana). *Mundo de Antes*, (3), 111-135.
- Ceruti, C. N., & González, M. I. (2007). Modos de vida vinculados con ambientes acuáticos del Nordeste y Pampa Bonaerense de Argentina. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 32, 101-140.
- Chiri, O. C. (1974). La alfarería indígena en el Nordeste argentino según las referencias de algunas fuentes. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 8, 237-248.
- Cornero, S. (2018). En las puertas del mito: loros y peces en el arte cerámico de la costa del río Paraná. In G. Politis & M. Bonomo (Eds.), *Goya-Malabrigo: arqueología de una sociedad indígena del Noreste argentino* (pp. 89-106). Editorial UNICEN.

- Cremonte, M. B., & Botto, I. L. (2000). Cerámicas arqueológicas de La Ciénega (Dto. Tafi, Tucumán): Estimación de las temperaturas de cocción en base a las propiedades térmicas de las arcillas. *Revista del Instituto de Geología y Minería - Unju*, 13(1-2), 33-40.
- De La Fuente, G. A., & Vera, S. D. (2016). Pottery kilns and firing technology during Late and Inka periods in the southern Abaucán Valley: a contribution through ceramic petrology and XRD (Catamarca, Northwestern Argentina, Southern Andes). In E. M. Stovel & G. A. De La Fuente (Eds.), *Vessels explored: applying archaeometry to South American ceramics and their production* (BAR International Series 2808, pp. 89-100). BAR Publishing.
- Di Prado, V. (2015). *Estudio comparativo de las prácticas de elaboración y uso de la alfarería prehispánica del centro-este de Argentina desde una perspectiva macrorregional* [Tesis doctoral inédita, Universidad Nacional de La Plata, Argentina].
- Di Prado, V. (2018). Prácticas alfareras prehispánicas y procesos de interacción social en el centro-este de Argentina durante el Holoceno tardío. *Latin American Antiquity*, 29(3), 552-571. <https://doi.org/10.1017/laq.2018.28>
- Di Prado, V., Piccoli, C., Silva, C., Morosi, M., Politis, G. G., Bonomo, M., & Barboza, C. (2020). Communities of practice in pre-Hispanic Middle and Lower Paraná (Northeastern Argentina). Ceramic petrography contributions. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 34(Part A), 102563. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102563>
- Drebushchak, V. A., Mylnikova, L. N., Drebushchak, T. N., & Boldyrev, V. V. (2005). The investigation of ancient pottery. Application of thermal analysis. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 82, 617-626. <https://doi.org/10.1007/s10973-005-0942-9>
- Frenguelli, J., & Aparicio, F. (1923). Los paraderos de la margen derecha del Río Malabrigo. *Anales de la Facultad de Ciencias de la Educación*, 1, 7-112.
- Gaspary, F. (1950). Investigaciones arqueológicas y antropológicas en un cerito de la Isla de Los Marineros (provincia de Entre Ríos). *Publicaciones del Instituto de Arqueología, Lingüística y Folklore "Dr. Pablo Cabrera"*, 23, 3-66.
- Gosselain, O. P. (1992). Bonfire of the enquiries. Pottery firing temperatures in archaeology: what for? *Journal of Archaeological Science*, 19(3), 243-259. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(92\)90014-T](https://doi.org/10.1016/0305-4403(92)90014-T)
- Heimann, R. (2017). X-Ray Powder Diffraction (XRPD). In A. Hunt (Ed.), *The Oxford Handbook of archaeological ceramic analysis* (pp. 327-341). Oxford University Press.
- Iribarne, E. A. (1937). Algunos vasos indígenas de las márgenes del Paraná Inferior. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 1(2), 181-190.
- Kingery, W. D. (1974). A note on the differential thermal analysis of archaeological ceramics. *Archaeometry*, 16(1), 109-112. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.1974.tb01099.x>
- Leguey Jiménez, S., Cuevas Rodríguez, J., Martín Barca, M., Vigil de la Villa Mencía, R., Ramírez Martín, S., & García Giménez, R. (2002). *Procesos geoquímicos y modificaciones texturales en bentonita FEBEX compactada sometida a un gradiente termohidráulico*. ENRESA, Dirección de Ciencia y Tecnología.
- Letieri, F. (1998). *Aspectos tecnológicos presentes en el proceso de producción cerámico del sitio Bajada Guereño y sus implicancias conductuales* [Tesis de Licenciatura inédita, Universidad Nacional de Rosario, Argentina].
- Letieri, F., Escribano Ruiz, S., Pasquali, C., Azkarate, A., Cocco, G., Sánchez Pinto, I., & De La Fuente, G. (2015). Approaching the cultural complexity of pottery from Sancti Spiritus Village and Fort (Puerto Gaboto, Argentina). In J. Buxeda i Garrigós, M. Madrid i Fernández & J. G. Iñáñez, *Global Pottery 1. Historical Archaeology and Archaeometry for Societies in Contact* (pp. 241-252). British Archaeological Reports.
- Livingstone Smith, A. (2001). Bonfire II: The Return of Pottery Firing Temperatures. *Journal of Archaeological Science*, 28(9), 991-1003. <https://doi.org/10.1006/jasc.2001.0713>
- Loponte, D. (2008). *Arqueología del Humedal del Paraná Inferior (Bajos Ribereños Meridionales)*. Asociación Amigos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano.
- Lozano, P. (1874). Historia de la conquista del Paraguay, Río de la Plata y Tucumán. Tomo I. Imprenta Popular.
- Maggetti, M. (1982). Phase analysis and its significance for technology and origin. In J. Olin & A. Franklin (Eds.), *Archaeological ceramics* (pp. 121-133). Smithsonian Institution Press.
- Maggetti, M., Neururer, Ch., & Ramseyer, D. (2011). Temperature evolution inside a pot during experimental surface (bonfire) firing. *Applied Clay Science*, 53(3), 500-508. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2010.09.013>
- Maniaty, Y. (2009). The emergence of ceramic technology and its evolution as revealed with the use of scientific techniques. In A. J. Shortland, I. C. Freestone & T. Rehren (Eds.), *From mine to microscope: advances in the study of ancient technology* (pp. 11-28). Oxbow Books.
- Mazzanti, D. L., & Porto López, J. M. (2007). Caracterización petrográfica y estructural de cerámicas arqueológicas de las Sierras de Tandilia. In M. B. Cremonte & N. Ratto (Eds.), *Cerámicas arqueológicas. Perspectivas arqueométricas para su análisis e interpretación* (pp. 97-122). Editorial de la Universidad Nacional de Jujuy.
- McConville, C. J., & Lee, W. E. (2005). Microstructural development on firing illite and smectite clays compared with that in kaolinite. *Journal of the American Ceramic Society*, 88(8), 2267-2276.

- Ottalagano, F. V. (2009). *Aproximaciones al simbolismo de los grupos cazadores recolectores de las Tierras Bajas del Paraná Medio: un abordaje contextual del Arte Mobiliario Cerámico* [Tesis Doctoral inédita, Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Argentina].
- Ottalagano, F. V. (2013). The pre-Hispanic ceramic technology of South American hunter-gatherers (Paraná River Delta, Argentina): a preliminary archaeometric study. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 5, 59-68. <https://doi.org/10.1007/s12520-012-0110-7>
- Ottalagano, F. V., & Pérez, M. (2013). Estudios petrográficos comparativos: un acercamiento regional a la tecnología cerámica del delta del Paraná. *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano*, 1(2), 79-94.
- Ottalagano, F. V. (2015). Explorando la variabilidad petrográfica entre vasijas decoradas y lisas del Sitio La Palmera 2 (Entre Ríos, Argentina): hacia un abordaje microscópico del arte cerámico Prehispánico de la cuenca del Río Paraná. *Revista Chilena de Antropología*, 32, 21-38.
- Outes, F. (1918). Nuevo jalón septentrional en la dispersión de representaciones plásticas de la cuenca paranaense y su valor indicador. *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, 85, 53-66.
- Palanivel, R., & Rajesh Kumar, U. (2011). Thermal and spectroscopic analysis of ancient potteries. *Romanian Journal Physics*, 56(1-2), 195-208.
- Piccoli, C. V. (2014). *Estudios de los paisajes arqueológicos en el sector de islas y borde frontal de la terraza baja de la llanura aluvial del Paraná Medio. Departamento Goya* [Tesis doctoral inédita, Universidad Nacional de Rosario, Argentina].
- Piccoli, C. V. (2020). Alluvial clays and crushed sherds. A petrographic analysis of Middle Paraná pre-hispanic pottery (South America). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 32, 102392. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102392>
- Politis, G. G., Bonomo, M., Castiñeira, C., & Blasi, A. (2011). Archaeology of the Upper Delta of the Paraná River (Argentina): mound construction and anthropic landscapes in the Los Tres Cerros locality. *Quaternary International*, 245(1), 74-88. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.02.007>
- Politis, G. G., & Bonomo, M. (2012). La entidad arqueológica Goya-Malabrigo (Ríos Paraná y Uruguay) y su filiación Arawak. *Boletín de la Sociedade de Arqueologia Brasileira*, 25(1), 10-46. <https://doi.org/10.24885/sab.v25i1.338>
- Politis, G. G., & Bonomo, M. (2018). Estado actual y perspectivas de Goya-Malabrigo, una sociedad indígena del Noreste argentino. In G. G. Politis & M. Bonomo (Eds.), *Goya-Malabrigo: arqueología de una sociedad indígena del Noreste argentino* (pp. 9-44). Editorial UNICEN.
- Pytte, A. M., & Reynolds, R. C. (1989). The thermal transformation of smectite to illite. In N. D. Naeser & T. H. McCulloh (Eds.), *Thermal history of sedimentary basins* (pp. 133-140). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3492-0\\_8](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3492-0_8)
- Quinn, P. S., & Benzonelli, A. (2018). XRD and materials analysis. In S. L. López Varela (Ed.), *The encyclopedia of archaeological sciences* (pp. 1796-1800). John Wiley & Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119188230.saseas0619>
- Ramos, R. S., Franco, M. J., Brea, M., Bonomo, M., & Politis, G. (2020). The use of wood during prehispanic times in the Upper Paraná Delta revealed through analysis of ancient charcoal. *Vegetation History and Archaeobotany*, 30, 193-212. <https://doi.org/10.1007/s00334-020-00777-z>
- Rasmussen, K. L., De La Fuente, G., Bond, A. D., Mathiesen, K. K., & Vera, S. D. (2012). Pottery firing temperatures: a new method for determining the firing temperature of ceramics and burnt clay. *Journal of Archaeological Science*, 39(6), 1705-1716. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.01.008>
- Rietveld, H. M. (1969). A profile refinement method for nuclear and magnetic structures. *Journal of Applied Crystallography*, 2, 65-71. <https://doi.org/10.1107/S0021889869006558>
- Rivas González, M., Conconi, S., Frère, M. M., & González, M. I. (2021). Estimación de temperaturas de cocción de alfarerías prehispánicas en el río Salado, Pampa argentina. *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano*, 30(2), 25-40. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5745766>
- Roberts, J. P. (1963). Determination of the firing temperature of ancient ceramic by measurement of thermal expansion. *Archaeometry*, 6, 21-5.
- Rodríguez, J. A., & Ceruti, C. N. (1999). Las tierras bajas del nordeste y el litoral mesopotámico. In Academia Nacional de la Historia (Ed.), *Nueva Historia de la Nación Argentina* (Tomo I, pp. 109-133). Planeta.
- Rodríguez, J. A. (2001). Nordeste Prehispánico. In E. Berberian & A. Nielsen (Eds.), *Historia Argentina Prehispánica* (Tomo II, pp. 693-736). Editorial Brujas.
- Rodríguez-Caravajal, J. (1990). Fullprof, a program for rietveld refinement and pattern matching analysis. In *Abstracts of Congress of the IUCr*, 15, 127.
- Rye, O. S. (1981). *Pottery technology: principles and reconstruction* (Manuals on Archaeology, No. 4). Taraxacum.
- Sánchez, J. O., Colobig, M. M., Zucol, A. F., Politis, G. G., Bonomo, M., & Castiñeira, C. (2013). Primeros resultados sobre el uso prehispánico de los vegetales en el sitio arqueológico Los Tres Cerros 1 (Victoria, Entre Ríos, Argentina): Análisis del registro biosilíceo. *Darwiniana, Nueva Serie*, 1(2), 201-219.

- Scabuzzo, C., Ramos van Raap, A., Bonomo, M., & Politis, G. (2015). Estudios bioarqueológicos en el sitio Los Tres Cerros 1 (Delta Superior del río Paraná, Entre Ríos, Argentina). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Humanas*, 10(2), 487-518. <https://doi.org/10.1590/1981-81222015000200015>
- Serrano, A. (1921). *Contribución al conocimiento de la Arqueología de los alrededores de Paraná*. Diario Sociedad Anónima.
- Serrano, A. (1931). *Arqueología del Litoral*. En *Memorias del Museo de Paraná*. Talleres Gráficos Casa Pedrassi.
- Serrano, A. (1934). Arqueología del Arroyo Leyes (Provincia de Santa Fe). Noticia Preliminar a propósito de la colección Bousquet. In *Memorias del Museo de Paraná*. Predassi Impresiones.
- Serrano, A. (1972). Líneas fundamentales de la arqueología del Litoral: una tentativa de periodización. *Publicaciones del Instituto de Antropología de la Universidad Nacional de Córdoba*, 32, 3-79.
- Shepard, A. O. (1956). *Ceramics for the archaeologist*. Carnegie Institution of Washington.
- Silva, C. B. (2018). Formas cerámicas Goya-Malabrigo: variabilidad y tipos morfológicos. In G. Politis & M. Bonomo (Eds.), *Goya-Malabrigo: arqueología de una sociedad indígena del Noreste argentino* (pp. 73-87). Editorial UNICEN.
- Taller Flotante. (s.d.). <https://tallerflotanteislas.blogspot.com/>
- Tite, M. S. (1969). Determination of the firing temperature of ancient ceramics by measurement of thermal expansion: a reassessment. *Archaeometry*, 11(1), 131-143. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.1969.tb00636.x>
- Tite, M. S. (2008). Ceramic production, provenance and use. A review. *Archaeometry*, 50(2), 216-231. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2008.00391.x>
- Torres, L. M. (1907). Arqueología de la cuenca del Río Paraná. *Revista del Museo de La Plata*, 14, 53-122. <https://publicaciones.fcnym.unlp.edu.ar/rmlp/article/view/1244/1338>
- Torres, L. M. (1911). *Los primitivos habitantes del Delta del Paraná* (Biblioteca Centenaria 4). Universidad Nacional de La Plata.
- Zagorodny, N. I., Volzone, C., Morosi, M., & Balesta, B. (2016). A systematic evaluation of the firing temperatures of archaeological pottery from Catamarca, Argentina. In E. M. Stovel & G. A. De La Fuente (Eds.), *Vessels explored: applying archaeometry to South American ceramics and their production* (BAR International Series 2808, pp. 67-76). BAR Publishing.
- Zemenová, P., Kloužková, A., Kohoutková, M., & Král, R. (2014). Investigation of the first and second dehydroxylation of kaolinite. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 116, 633-639. <https://doi.org/10.1007/s10973-014-3748-9>
- Zhu, J., Zhang, Y., Wang, T., Zhao, C. H., Yu, J. C., Glascock, M. D., & Wang, C. S. (2014). Determining the firing temperature of low-fired ancient pottery: an example from the Donghulin site, Beijing, China. *Archaeometry*, 56(4), 562-572. <https://doi.org/10.1111/arcn.12033>

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

V. Di Prado contribuyó con conceptualización, selección de datos, análisis formal, investigación, recursos, borrador del escrito original, revisión del escrito y edición; M. Bonomo con conceptualización, adquisición de financiación e investigación; S. Conconi con selección de datos, análisis formal y metodología; C. Castro con revisión del escrito; C. Genazzini con análisis formal; y C. Silva con revisión del escrito.

