
ESTIMACIÓN DE TEMPERATURAS DE COCCIÓN DE ALFARERÍAS PREHISPÁNICAS
EN EL RÍO SALADO, PAMPA ARGENTINA

Miranda Rivas Gonzalez^a, Susana Conconi^b, María Magdalena Frère^c, María Isabel González^d

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo dar a conocer los primeros resultados de los análisis térmicos realizados a fragmentos cerámicos y masas de arcilla, que fueron manufacturados por cazadores-recolectores-pescadores y alfareros que poblaron el río Salado durante el Holoceno tardío. Para ello, se aplicaron técnicas de análisis térmico diferencial, termogravimétrico, dilatométricas y difracción de rayos X, que mostraron un gran potencial en el conocimiento y en la estimación de los índices de temperaturas de cocción alcanzados en los materiales cerámicos. A partir de estos análisis, se ha podido establecer que las vasijas estuvieron sometidas a temperaturas que no sobrepasaron los 800 °C con un tiempo necesario para asegurar la correcta cocción de la arcilla.

PALABRAS CLAVE: cazadores-recolectores-pescadores pampeanos; Holoceno tardío; alfarería; análisis térmicos; depresión del Salado.

ABSTRACT

This paper aims to present the first results of thermal analyses carried out on ceramic fragments and fired lumps of clay, which were manufactured by hunter-gatherers-fishermen and potters who populated the Salado River during the late Holocene. Therefore, analytical techniques of differential thermal analysis, thermogravimetric, dilatometry and X-ray diffraction were applied, which showed great potential for the knowledge and estimation of the rates of firing temperatures achieved in ceramic materials. From these analyses, it has been possible to establish that the vessels were exposed to direct fire, at temperatures that did not exceed 800 °C and during the necessary time to ensure the correct firing of the clay.

KEYWORDS: Pampean hunter-gatherers-fishers; Late Holocene; ceramics; thermal analysis; Salado River depression.

Manuscrito recibido: 18 de abril de 2021.

Aceptado para su publicación: 29 de octubre de 2021.

^a Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Instituto de Arqueología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. 25 de Mayo 217, 3° piso (1002), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. miririvasgonzalez@hotmail.com

^b Centro de Recursos Minerales y Cerámica. (CIC-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas. La Plata). Camino Centenario y 506 M.B (1897), Gonnet, Argentina. msconconi@cetmic.unlp.edu.ar

^c Instituto de Arqueología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, 25 de mayo 217, 3° piso (1002), CABA, Argentina. magdafre@gmail.com

^d Instituto de Arqueología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, 25 de mayo 217, 3° piso (1002), CABA, Argentina. igonzale@filo.uba.ar

INTRODUCCIÓN

La cerámica es producto de la cocción del barro arcilloso a una temperatura lo suficientemente alta, como para cambiar sus propiedades físico-químicas y transformarla en un nuevo objeto, es decir en una nueva materia prima. Como consecuencia de la cocción, se obtendrán productos manufacturados que adquirirán caracteres específicos tales como: imposibilidad de recobrar plasticidad, de fractura frágil, resistencia a la abrasión por uso y/o exposición al fuego, porosos e higroscópicos (Balfet, Fauvet-Berthelot & Monzón, 1992; Mari, 1998; Morales Güeto, 2005; Ortega, Zuluaga, Alonso & Olaetxea, 2005; Rice, 1987; Rye, 1994; Shepard, 1968).

Actualmente, una serie de herramientas analíticas complementarias permiten al arqueólogo abordar el estudio de la tecnología cerámica desde distintos aspectos. En este sentido, es que este trabajo integró estrategias que tuvieron como finalidad ampliar las investigaciones de la microrregión del río Salado bonaerense sobre los estudios de la producción cerámica. Es por ello, que se presentan los primeros resultados arqueométricos circunscriptos, netamente, a la esfera térmica del material cerámico, los cuales fueron incorporados recientemente a nuestro proyecto de investigación. Desde esta perspectiva, es que se determinaron las variaciones de las temperaturas de cocción a las que fueron sometidas las cerámicas arqueológicas. Dentro del campo de la arqueometría, las muestras estudiadas han sido abordadas por distintas vías metodológicas, entre éstas, los análisis térmicos diferenciales (ATD), termogravimétricos (ATG), la dilatometría (TMA) y la difracción de Rayos X (DRX). Si bien es conocido que existen otros métodos que pueden proporcionar resultados térmicos similares (SEM: Maniatis & Tite, 1981; Maniatis, Facorellis, Pillali & Papanthimou-Papaefthimou, 2002; Mossbauer: Maritan, Nodari, Mazzoli, Milano, & Russo, 2006; FTIR: Shoval & Beck, 2005, espectroscopía electrónica (IR): Cremonte & Botto, 2000; entre otros), este trabajo muestra el gran potencial de las técnicas analíticas y metodológicas aquí elegidas como parte de una primera aproximación integral al estudio de las

cocciones. De esta manera, los datos obtenidos nos permiten avanzar en el conocimiento de las prácticas tecnológicas de la producción cerámica, además de proveer parámetros térmicos que pueden ser utilizados para estimar las temperaturas alcanzadas durante la cocción de las cerámicas arqueológicas de la llanura pampeana. Al mismo tiempo, los estudios térmicos han demostrado cómo el trabajo interdisciplinar contribuye a un mejor conocimiento de los resultados arqueológicos. Es así, que, gracias a la implementación de las herramientas metodológicas aquí presentadas, hemos podido solucionar problemas concretos destinados a evaluar el comportamiento físico-químico de la arcilla, la complejidad de las quemas al aire libre, las variaciones de temperaturas y los cambios cromáticos de los fragmentos, a fin de avanzar en el conocimiento de las conductas detrás de la producción cerámica.

Durante más de 30 años se llevaron a cabo trabajos de campo arqueológicos en la microrregión de la cuenca del río Salado en el centro-este de la provincia de Buenos Aires (Argentina). Los hallazgos nos permitieron revelar un paisaje que fue poblado, de manera prolongada y reiterada, por grupos alfareros de cazadores-recolectores-pescadores que habitaron este humedal bonaerense durante el Holoceno tardío y manufacturaron cerámicas con materias primas locales (González & Frère, 2019). El equipo de investigación cuenta con veintiséis fechados radiocarbónicos obtenidos de distintos materiales (carbón, restos óseos de animales, dientes y restos humanos, cerámica) que ubican a las ocupaciones de cazadores-recolectores-pescadores de la microrregión a partir de los *ca.* 2400 AP. ¿Desde cuándo se manufacturó esta cerámica en el caso de estudio? La elaboración de alfarería en este espacio pudimos determinarla por fechados sobre los artefactos tanto con el método de luminiscencia (OSL) como por carbono 14. Las edades absolutas sobre tres fragmentos de cerámica, empleando TL-OSL dieron como fechas para la manufactura 650 ± 190 AD (NLL 981802), 830 ± 60 AD (NLL 981803) y 1540 ± 80 AD (NLL 981801) (González de Bonaveri, 2002). También realizamos fechados radiocarbónicos de alfarería, el más antiguo ofreció una fecha 2433 ± 36 AP

ESTIMACIÓN DE TEMPERATURAS DE COCCIÓN DE ALFARERÍAS PREHISPÁNICAS
EN EL RÍO SALADO, PAMPA ARGENTINA

(AA71660). Para más detalle consultar los trabajos de Frère, González & Greco, 2016; Frère, 2015; González, 2005).

El área de trabajo comprende la margen norte del río Salado bonaerense y las lagunas -permanentes y temporarias- aledañas al mismo. El paisaje se caracteriza por poseer una variada y rica biodiversidad en flora y fauna que, en tiempos pasados, favoreció el asentamiento de grupos de cazadores-recolectores-pescadores (Figura 1).

La disponibilidad en el humedal del Salado de materias primas tales como arcillas, agua y maderas, además de restos materiales descartados durante las secuencias de elaboración de cacharros son indicadores de un abastecimiento y una producción local de objetos cerámicos (Frère, González, Chan & Flores, 2012; González de Bonaveri, 2002). Los sedimentos del área de estudio son característicos del loess pampeano, es decir suelo de origen eólico con predominio de limos más o menos arcillosos o arenosos de colores que van del castaño gris claro a verdoso. Además, es destacable la abundancia de materia orgánica contenida en dichos suelos (González Bonorino, 1965). La composición del material cerámico de la microrregión tiene un alto grado de similitud con la del loess pampeano.

Por otro lado, los estudios antracológicos de carbones recuperados de varios sitios señalaron que, para la preparación de los fogones, estos alfareros utilizaron como combustible vegetal, maderas de árboles nativos tales como *Celtis tala* (tala), *Schinus sp.* (molle) y *Salix sp.* (sauce) (González, 2005; González de Bonaveri, 2002; González & Frère, 2009). A través de las cocciones experimentales hemos registrado los cambios de coloración, nuevas manchas, lustres, grietas que han sufrido las superficies externas e internas de los recipientes, además de la presencia de ácidos grasos absorbidos en sus paredes, esto nos permite inferir que las alfarerías de la microrregión fueron expuestas reiteradas veces a procesos de cocción de alimentos (Frère, Constenla, Bayón & González, 2010; González, 2005; González de Bonaveri, 2002).

Ahora bien, nos preguntamos ¿qué efectos produce la cocción en la alfarería? Como sabemos, una vez finalizado el proceso de modelado y el secado completo de las piezas, las mismas deben ser sometidas al fuego. El momento de la quema es una práctica en donde se pone a prueba la habilidad del artesano. En esta intervienen múltiples factores que influyen en el logro del producto final. Entre

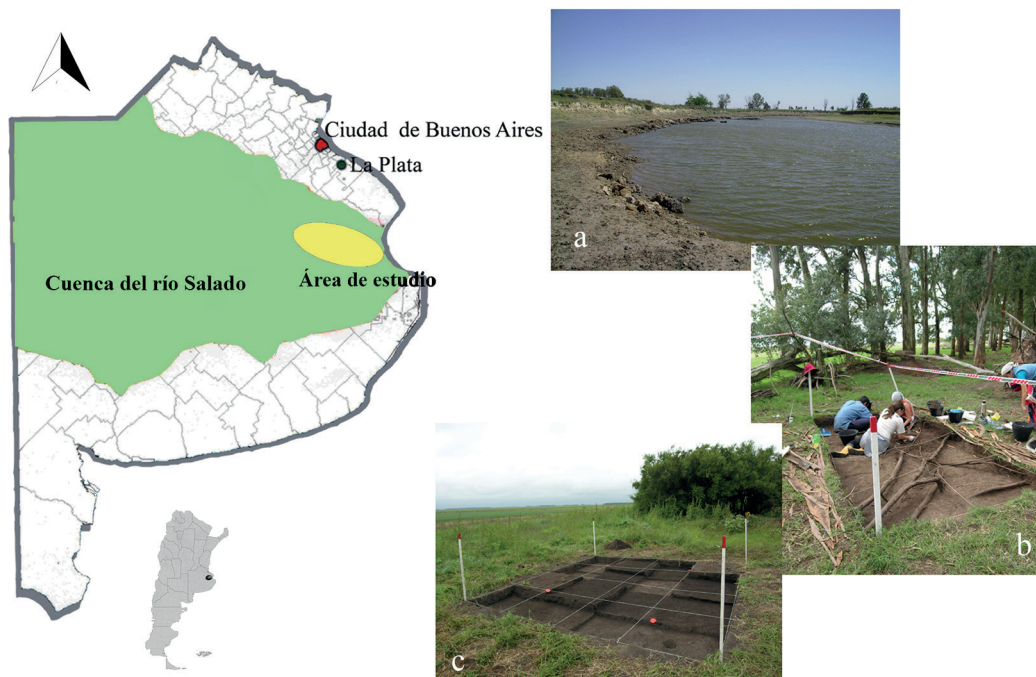


Figura 1. Mapa de la provincia de Buenos Aires, Argentina. a) Prospecciones en la ribera del Salado. b) Excavación en el sitio La Cuña. c) Excavación en el sitio San Ramón 7.

estos factores, podemos nombrar la *expertise* del alfarero en el levantado de las piezas, el tipo y la calidad de la arcilla utilizada, la cantidad y la calidad del combustible empleado, el tipo de atmósfera de cocción, las temperaturas alcanzadas y la duración del proceso de cocción al que son sometidas las piezas de barro (Cremonte, 1983; Gosselain, 1992; Livingstone Smith, 2001; Norton, 1966; Rice, 1987; Rye, 1994).

El momento de la cocción reviste una gran importancia, pues en su transcurso, la arcilla sufre modificaciones como la deshidratación, la descomposición y las transformaciones físico-químicas (Meyvel, Sathya, & Velraj, 2012). Es así como, bajo las condiciones de cocción, se producen diferentes efectos.

Por un lado, el calor hace que se evapore el exceso de agua contenida en la masa arcillosa, que, de no hacerlo, acarrearía el resquebrajamiento de la pieza. Por otro lado, observamos que, tanto en el secado como durante la cocción, las piezas de barro se contraen y disminuyen su volumen, de forma proporcional a la cantidad de agua que pierden, pudiendo oscilar en promedio entre 4 y 12% (Caruso 1986).

Otro efecto es que la cocción de la arcilla se produce a una temperatura lo suficientemente alta como para cambiar sus propiedades físico-químicas originales, obteniendo así un nuevo producto: la cerámica. En este aspecto, entendemos que la velocidad de calentamiento y las reacciones de los minerales durante el proceso de cocción están influidas por la temperatura (Taylor & Jackson, 1986; Rye, 1994).

Asimismo, durante la cocción, se pueden distinguir transformaciones mineralógicas y microestructurales de la arcilla vinculadas con: 1) el tamaño y la forma del grano de la arcilla, 2) la forma de los poros y 3) el tamaño de los poros.

Como vemos, la arcilla una vez sometida a un proceso de calentamiento sufre transformaciones que darán paso a la obtención de objetos duros, refractarios, de fractura frágil, livianos, resistentes al choque térmico y a los efectos mecánicos, aptos para la conservación de alimentos sólidos y líquidos (Balfet et al., 1992; Broekmans, Adriaens & Pantos, 2004; Frontini, 1990; García Roselló &

Calvo Trias, 2006; Kingery, Bowen & Uhlmann, 1976; Mari, 1998; Morales Güeto, 2005; Ortega et al., 2005; Orton, Tyers & Vince, 1997; Rice, 1987; Rye, 1994).

Por último, queremos remarcar la importancia que tienen los estudios térmicos aplicados a la cerámica arqueológica, ya que permiten entender y reconstruir una de las etapas más desafiantes para el alfarero como es el momento de cocción.

Para la región, contamos con algunos trabajos sobre estimación de temperaturas de cocción en sitios del noreste de la provincia de Buenos Aires, los estudios indicaron temperaturas de alrededor de 600 °C, Balesta, Paleo, Pérez Meroni & Zagorodny (1997) y Pérez Meroni & Blasi (1997). En varios sitios del Holoceno tardío en la porción oriental de Tandilia, Mazzanti & Porto López (2007) realizaron análisis térmicos, ATD/TG - DRX, para observar la descomposición de minerales de arcilla. También efectuaron estudios cerámicos experimentales en los que alcanzaron temperaturas de 750 °C. Además, para el Delta Superior del río Paraná, Di Prado, Prieto, Conconi & Maggi (2015) y Di Prado, Conconi, Castro, Genazzini & Silva (2021) mencionan que la mayoría de los contenedores fueron cocidos a temperaturas superiores a 550 °C e inferiores a 800-900 °C, interpretan estos rangos de temperaturas como indicadores de quemaduras en estructuras abiertas.

Para los sitios del humedal del río Salado decidimos incorporar métodos y técnicas para la evaluación y la estimación de las temperaturas de cocción, con el fin de obtener nuevos datos para avanzar en el conocimiento de la tecnología alfarera.

MATERIALES Y METODOLOGÍA

Los materiales cerámicos utilizados para el presente trabajo provienen de los sitios La Cuña en San Miguel del Monte (N = 2110), Vitel en Chascomús (N = 627), La Guillerma 1 y 5, San Ramón 7 en el actual partido de Lezama (N = 12693, N = 12989 y N = 8643, respectivamente) y Techo Colorado en Lobos (N = 2168). Para los análisis arqueométricos se seleccionaron nueve fragmentos cerámicos: seis tiestos provenientes de los sitios La Cuña, Vitel y

Techo Colorado y tres masas de arcilla de los sitios La Guillerma 1, 5 y San Ramón 7. La elección de este conjunto se sustenta en la identificación de trazas macroscópicas vinculadas con indicadores de exposición directa al fuego. Se trata de depósitos de hollín, grietas y manchas negras en las superficies de los fragmentos generadas por la cocción inicial de las vasijas o por un uso reiterado de éstas en la cocción de alimentos. Las características tecno-morfológicas de los tiestos analizados pueden verse en la Tabla 1 y en la Figura 3. Algunos resultados térmicos fueron presentados en publicaciones previas (Escosteguy, Rivas Gonzalez, Fiel & Vigna, 2017; Rivas Gonzalez, Conconi, González & Frère, 2016).

El conjunto cerámico analizado fue recuperado en distintos trabajos de campo, procede de sitios arqueológicos cercanos a lagunas y al río. El contexto de los materiales hallados a profundidades de 10 a 40 cm, corresponde a horizontes de perfiles de suelos (horizontes A, E, Bt), habitual para los hallazgos encontrados en la microrregión (González de Bonaveri & Zárate, 1993-1994; Zárate, González de Bonaveri, Flegenheimer & Bayón, 2000-2002). Los materiales arqueológicos fueron afectados por acciones postdepositacionales tanto naturales (pisoteo de animales, acción de raíces, de insectos y de animales cavadores), como culturales (acciones de maquinarias rurales) que provocan desplazamientos y/o roturas de los materiales enterrados (cerámicos, óseos y líticos). Los restos de alfarería se encontraron de forma fragmentaria y en algunos casos se pudieron realizar remontajes.

Al efectuar estudios macroscópicos y microscópicos de los fragmentos de alfarería pudimos conocer que amasaron y levantaron las piezas con las técnicas de rollos y de modelado. Manufacturaron diversas formas y tamaños de cacharros para cocinar, almacenar, servir alimentos y bebidas o transportar sustancias. Los motivos de las decoraciones, realizados con técnicas de impresión e incisión, muestran principalmente diseños geométricos y algunos diseños figurativos (Figura 2). En general, la zona decorada cubre la parte superior del recipiente. Algunos fragmentos fueron pintados en el interior o en el exterior

con pintura roja (Frère, 2015; González, 2005; González & Frère, 2009, 2010).

Dentro del conjunto alfarero recuperado hemos reconocido numerosas masas de arcilla cocidas de variadas dimensiones (entre 0,5 y 5 cm). Queremos mencionar un caso en particular el hallazgo por parte de un poblador en el sitio La Guillerma que recuperó una pella o masa de arcilla de gran tamaño. Fue fotografiada, analizada macroscópicamente y se confeccionó una réplica (Pupio, Ortiz, González & Frère, 2004). Se trata de una bola de arcilla de 14,5 cm de altura por 13,5 cm de ancho y 0,85 cm de profundidad, con evidencias de marcas de uñas e instrumentos, improntas digitales y huecos que indicarían posibles extracciones del material. El análisis de la pieza ha permitido establecer que la pella se habría formado superponiendo pequeños trozos de arcilla hasta conseguir una morfología esférica u ovalada (González de Bonaveri, 2002; González & Frère, 2010) (Figura 2 d).

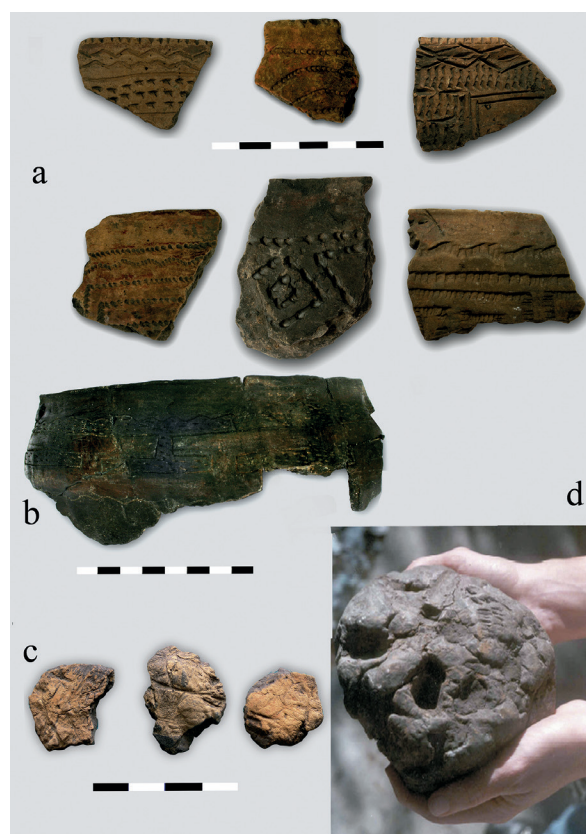


Figura 2. a) Fragmentos de alfarería con diseños decorativos incisos y algunos con pintura roja. b) Remontaje de nueve fragmentos pertenecientes a una vasija restringida de contorno simple, pintada y decorada con incisiones. c) Masas de arcillas cocidas. d) Pella de arcilla.

Muestra N°	Sitio	Tipo de fragmento	Tratamiento de la superficie		Decoración	Espesor mm	Secciones cromáticas					Observaciones
			Externo	Interno			Núcleo	Márgenes		Superficies		
								Externo	Interno	Externo	Interno	
25	La Cuña	cuerpo	alisado	alisado y engobe		8	negro	negro	negro	negro	naranja	restos de hollín en superficie externa
27	La Cuña	borde	alisado y engobe	alisado y engobe		7	negro	negro	negro	naranja	naranja	labio aserrado
6	Vitel	cuerpo	alisado	alisado y engobe	pintura en superficie externa	5	naranja	naranja	naranja	naranja	naranja	
17	Vitel	borde	alisado	alisado y engobe		6	negro	negro	negro	naranja amarronado con manchas de cocción	naranja	restos de hollín en superficie externa
36	Techo Colorado	cuerpo	alisado	alisado	líneas incisas en superficie externa	5,5	negro	negro	negro	negro	naranja	
39	Techo Colorado	cuerpo	alisado	alisado		13	sin núcleo o núcleo mixto	naranja	negro	naranja	naranja amarronado	posible base
Masa 1	La Guillerma 5	masa				13,4	naranja	naranja				presenta grietas en la superficie
Masa 2	San Ramón 7	masa				18,7	negro	negro				presenta grietas en la superficie
Masa 3	La Guillerma 1	masa				9,7	naranja	naranja				presenta grietas en la superficie

Tabla 1. Descripción tecno-morfológica de la muestra seleccionada.



Figura 3. Muestra seleccionada. Análisis arqueométrico de seis prismas de fragmentos cerámicos (N° 25; 27; 6, 17; 36 y 39) y tres masas de arcillas (N° 1; 2 y 3).

En este trabajo se realizaron análisis arqueométricos vinculados con el aspecto térmico. Las técnicas se agruparon en dos unidades de estudio: análisis mineralógicos y medidas térmicas. En la primera, incluimos la técnica de difracción de Rayos X y en la segunda, la dilatometría, el análisis térmico diferencial y termogravimétrico.

Análisis mineralógico

Difracción de rayos X (DRX).

Dicha técnica permite identificar y cuantificar las fases cristalinas presentes en un material sólido, y así caracterizar los cambios producidos en las estructuras cristalinas presentes en una arcilla y en los minerales incluidos en esta. Los cristales están conformados por átomos o iones regularmente espaciados a distancias similares a la longitud de onda de esta radiación. Al incidir un haz de rayos X sobre un material cristalino, este lo difracta produciendo una señal en el detector en función del ángulo difractado. En el difractograma quedan definidos los picos correspondientes a cada una de las fases presentes en la muestra analizada, con su posición e intensidad. La intensidad de los picos se relaciona con la cantidad de cada fase presente y con la disposición de los átomos en la celda unidad de la estructura cristalina.

La identificación de las fases presentes en los fragmentos cerámicos se realizó por comparación del diagrama de difracción obtenido con los almacenados en la base de datos Powder Diffraction File con el programa de búsqueda X'Pert HighScore (Klug & Alexander, 1974; Heras y Martínez, 1992; Rice, 1987; Shepard, 1968).

En nuestro caso, las muestras dispuestas en forma de polvo fueron analizadas en un difractómetro X'Pert con goniómetro Philips 3020, con radiación Cu-K α ($\lambda=1,54 \text{ \AA}$) y filtro de Ni a una potencia de 35 kV y a una intensidad de corriente de 40 mA. El barrido se realizó en el intervalo de 2θ desde 3° a 70° en pasos de $0,04^\circ$ y tiempo de conteo de 2 segundos por paso.

Análisis térmicos

Dilatometría (TMA).

Mediante el ensayo de dilatometría o TMA (*thermomechanical analysis*) se pueden estudiar las variaciones dimensionales de los materiales cuando se someten a un determinado tratamiento térmico. Teniendo en cuenta que toda reacción que implique un cambio de fases o aparición de líquido causa cambios volumétricos en las muestras, con esta técnica se puede realizar un seguimiento dinámico de los procesos de reacción

y de sinterización que tienen lugar durante el ciclo térmico de las piezas sin cocción y también analizar cerámicas observando los cambios que suceden al sobrepasar la temperatura original de cocción. La TMA es el método más frecuente para medir con precisión la dilatación o la variación dimensional, a fin de conocer los puntos o zonas críticas peligrosas para la integridad de la pieza durante la cocción. La relación entre las variaciones dimensionales y la temperatura se representan gráficamente en curvas características de cada tipo de muestra (Morales Güeto, 2005; Serra, Conconi, Suárez, Agietti & Rendtorff, 2013).

El equipo utilizado para el análisis dilatométrico corresponde a Rigaku Thermo Plus EVO 2 TMA 8311. Para este estudio se cortaron, con un disco de diamante, las cerámicas arqueológicas en prismas de 4 x 4 mm de sección y 20 mm de altura, aproximadamente. Las probetas fueron sometidas a velocidades de calentamiento de 10 °C/min hasta temperaturas máximas de 1000 °C.

Análisis térmico diferencial y termogravimétrico (ATD-TG).

Ambas técnicas de análisis permiten medir, simultáneamente, las transformaciones físicas y/o químicas que ocurren en un material a lo largo del tratamiento térmico. En el caso del ATD, la propiedad medida es la diferencia de temperatura existente entre la muestra en estudio y una sustancia inerte, en función de la temperatura de esta última, ambas sometidas a un programa de calentamiento y/o enfriamiento. De esta manera, cuando a una determinada temperatura se produce una reacción que libera o absorbe energía, la muestra se calentará o enfriará respecto de la sustancia de referencia. La diferencia de temperatura entre ambas muestras es registrada en un gráfico donde se observan picos a un lado o al otro de la línea de base según sea la reacción: endotérmica (calor absorbido) o exotérmica (calor liberado). Cada especie mineralógica, al ser calentada, presenta picos exotérmicos y endotérmicos permitiendo la caracterización del material. A su vez, el análisis TG consiste en medir los cambios de masa o

peso de una muestra sometida a un programa de calentamiento. Las pérdidas de masa pueden asignarse a reacciones de descomposición o combustión, según la temperatura a las que se producen y a los picos observados en el ATD. Si estas pérdidas de masa pueden medirse sin solapamientos, se utilizan para calcular o aproximar la cantidad de fases que se descomponen (Kingery, 1974; Mari, 1998; Meyvel, Sathya & Velraj, 2012; Morales Güeto, 2005; Rice, 1987; Serra et al., 2013; Shepard, 1968).

Los ensayos de ATD y TG se realizaron simultáneamente en un mismo equipo, Rigaku EVO Plus II 8121. La velocidad de calentamiento fue desde 10 °C/min hasta 1050 °C, en corriente de aire, utilizando una masa de muestra en polvo de, aproximadamente, 35 mg en crisoles de platino. Para la toma de la muestra se procedió a la pulverización de los fragmentos cerámicos y de las masas de arcilla en morteros de ágata. En el estudio se utilizó alúmina como material de referencia.

RESULTADOS

A partir de los datos macroscópicos presentes en la Tabla 1, observamos que las secciones cromáticas de los perfiles de los cortes frescos de los fragmentos aquí estudiados dan cuenta de un predominio de cocciones realizadas en atmósferas mixtas u oxidantes incompletas en comparación con las oxidantes y las reductoras. En este sentido, mientras que una atmósfera oxidante genera colores anaranjados y la atmósfera reductora se caracteriza por pastas de tonos oscuros o negros, en condiciones mixtas se pueden observar combinaciones de estas dos tonalidades. Por otro lado, no se han notado diferencias sustanciales en cuanto a las secciones cromáticas en los fragmentos que han tenido un tratamiento superficial con engobe o una decoración con pintura.

A continuación, se describen en este apartado los resultados arqueométricos obtenidos de los fragmentos correspondientes a los sitios La Cuña, Vitel, Techo Colorado y de las masas

ESTIMACIÓN DE TEMPERATURAS DE COCCIÓN DE ALFARERÍAS PREHISPÁNICAS
EN EL RÍO SALADO, PAMPA ARGENTINA

de arcilla de los sitios La Guillerma 1, 5 y San Ramón 7. Organizamos los resultados según cada técnica analítica estudiada y por pieza cerámica –fragmentos y masas de arcilla– (Figuras 4 y 5).

Difracción de rayos X (DRX):

Fragmentos

Con respecto a los difractogramas del sitio La Cuña, la muestra 25 presenta cuarzo, anortita y ortoclasa como componentes mayoritarios e illita y gehlenita como minoritarios. El ejemplar 27 contiene cuarzo y feldespatos (albita y sanidina) como componentes mayoritarios y gehlenita e illita como minoritarios.

En cuanto a las muestras 6 y 17 del sitio Vitel, presentan cuarzo y feldespatos calcosódicos y potásicos como componentes mayoritarios y gehlenita e illita como minoritarios.

Del mismo modo, las muestras 36 y 39 del sitio Techo Colorado, exhiben picos correspondientes a cuarzo y feldespatos (albita, sanidina) como componentes mayoritarios e illita como

minoritarios. La muestra 36 presenta, además, gehlenita en baja proporción (Figura 4).

Masas de arcilla

Los análisis de DRX realizados sobre las masas de arcilla dieron como resultado similitudes de fases con respecto a los tiestos cerámicos. En lo que respecta a la Masa 1 se observó la presencia de cuarzo, feldespatos (anortita y sanidina) y material illítico, también se reconoció hidroxiapatita en su composición. En tanto en la muestra Masa 2 se registró cuarzo, feldespatos (anortita, sanidina) y material illítico. Por último, en la Masa 3 se identificó microlino y material illítico (Figura 5).

Dilatometría (TMA):

Fragmentos

Con respecto a las curvas dilatométricas de las muestras 25 y 27 del sitio La Cuña, se observa una leve contracción por debajo de los 200 °C que corresponde a una pérdida leve de agua. En la

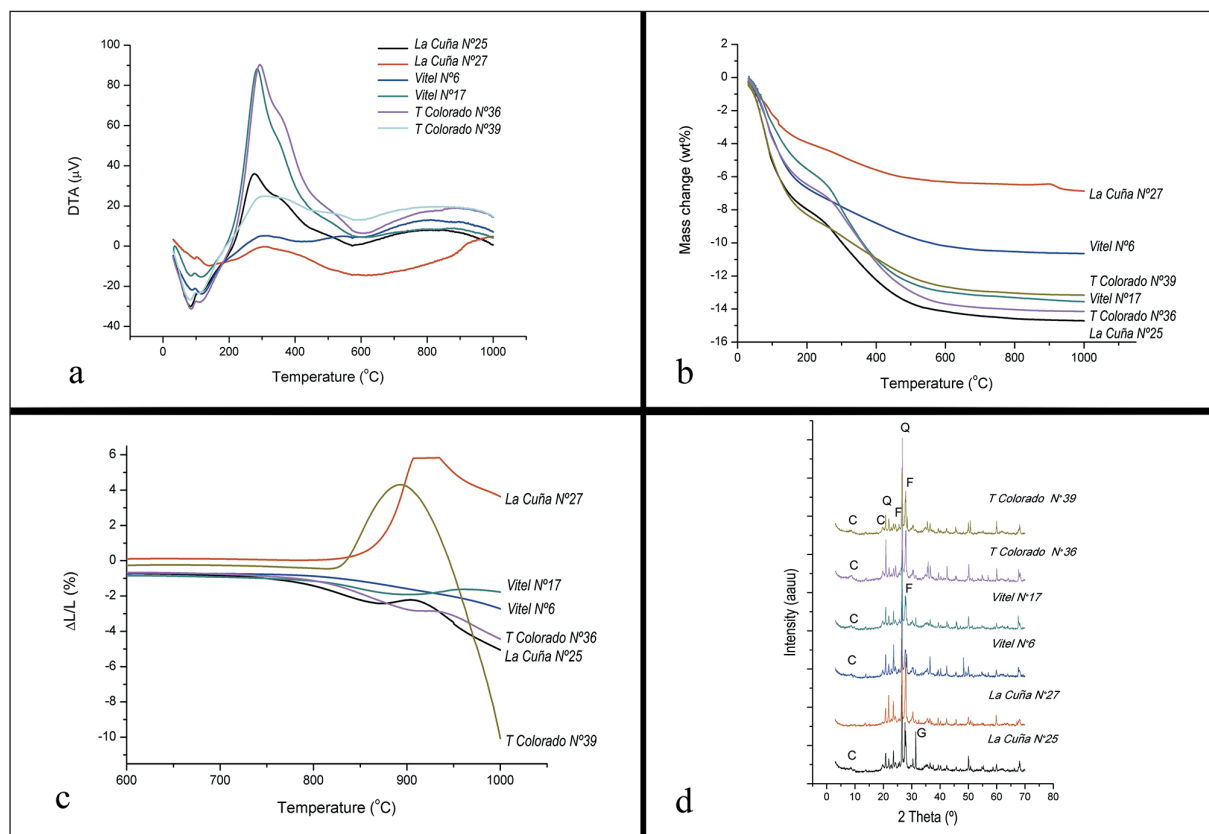


Figura 4. Estudios físico-químicos en fragmentos cerámicos. a) ATD. b) TG. c) TMA y d) DRX.

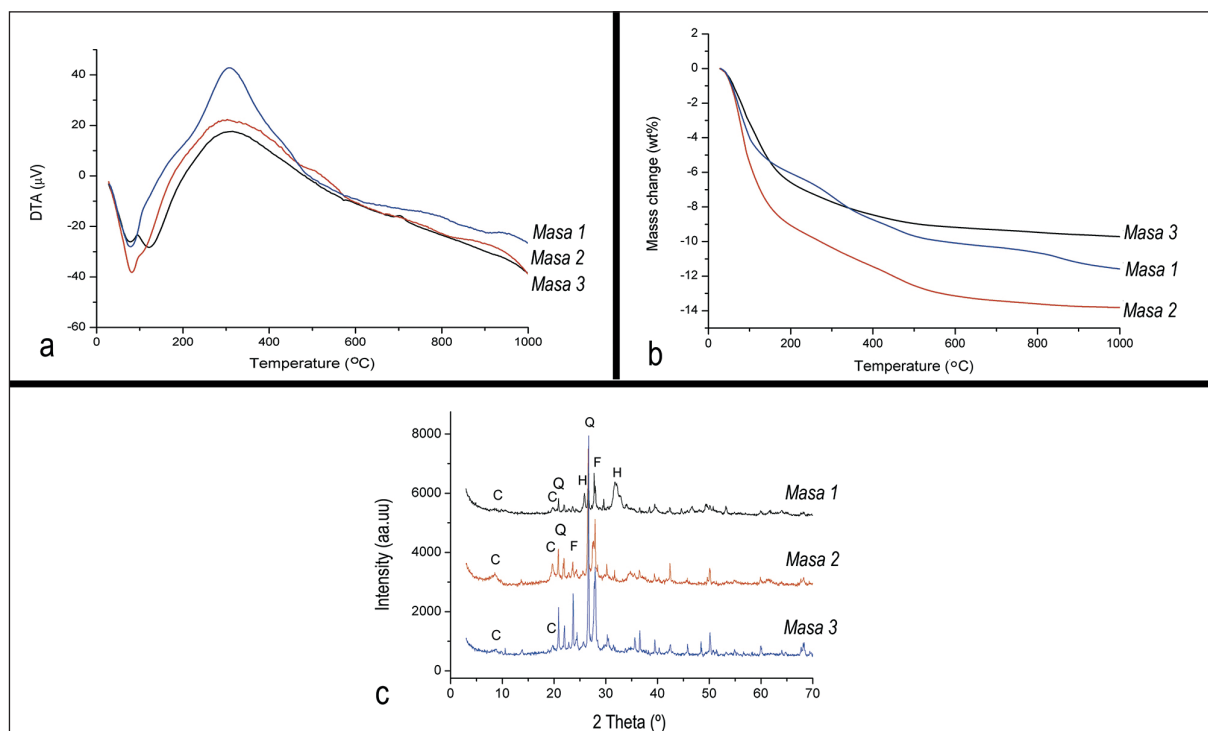


Figura 5. Masas de arcillas comparadas. a) ATD. b) TG. c) DRX.

muestra 25, se advierte que a los 750 °C sobresalen fenómenos de contracción que indicarían que la muestra no fue calcinada a temperaturas mayores. En la muestra 27, a los 800 °C se produce una abrupta expansión, señalando que no habría sido cocida a temperaturas mayores a esta.

A su vez, las muestras 6 y 17 del sitio Vitel, indican una leve contracción por debajo de los 200 °C que correspondería a una deshidratación leve. Luego se observan fenómenos de contracción que comienzan a manifestarse alrededor de los 800 °C, indicando que la muestra no fue calcinada a temperaturas mayores a esta, terminando el proceso de cocción y sinterizado al pasar esta temperatura en el ensayo.

En el sitio Techo Colorado, se observa una leve contracción por debajo de los 250 °C para la muestra 36, y 200 °C para la muestra 39. En la primera, los fenómenos de contracción comienzan aproximadamente a los 700 °C y en la muestra 39, los fenómenos de expansión y posterior contracción son visibles a los 800 °C (Figura 4).

Análisis térmico diferencial y termogravimétrico (ATD-TG):

Fragmentos

Las curvas de ATD indican, en la muestra 25 del sitio La Cuña, picos endotérmicos a los 90 °C y bandas exotérmicas alrededor de los 250 °C. En la muestra 27 del mismo sitio, los endotérmicos están alrededor de los 100 °C y los picos exotérmicos comienzan a los 300 °C. Los picos exotérmicos de ambos ejemplos, darían cuenta que la materia orgánica o el posible óxido de hierro contenido en el sedimento se está quemando, mientras que los picos endotérmicos indicarían el momento de una posible deshidratación del material. Por su parte, en ambas muestras, las curvas de TG se correlacionan con las correspondientes al ATD presentando pérdidas de masa en los mismos intervalos de temperatura en que se observan los picos endotérmicos y exotérmicos.

En las muestras 6 y 17 del sitio Vitel, encontramos picos endotérmicos de alrededor de los 100 °C y picos exotérmicos a los 300 °C, siendo más pronunciados en la muestra 17. Al igual que ocurre en las muestras del sitio La Cuña, las curvas TG

se correlacionan con las correspondientes al ATD presentando pérdidas de masa en los mismos intervalos de temperatura en que se observan los picos endotérmicos y exotérmicos atribuibles a la deshidratación y a la combustión de la materia orgánica respectivamente.

Similares resultados se observan en los estudios de ATD de las muestras 36 y 39 del sitio Techo Colorado, picos endotérmicos cercanos a 100 °C y bandas exotérmicas alrededor de 300 °C, con un aumento más pronunciado en la curva de la muestra 36. Equivalentes son los resultados de las curvas TG, las cuales también se correlacionan con las correspondientes al ATD, es decir deshidratación y combustión de la materia orgánica (Figura 4).

Masas de arcilla

Con respecto a las masas de arcilla, observamos una pérdida de masa que se prolonga en las Masas 1 y 2 hasta los 600 °C; en la Masa 3 hasta los 800 °C, acompañadas de una banda exotérmica. En lo que respecta a la Masa 1 entre los 400 y 600 °C se observa una pérdida de masa que podría corresponder a la descomposición de componentes arcillosos, aunque no se observan picos en la curva de ATD. Asimismo, existe una pérdida de peso entre 800 y 1000 °C acompañada de una leve banda endotérmica en la curva de ATD. Esta última pérdida de masa podría corresponder a la descomposición de la hidroxiapatita identificada por DRX.

La Masa 2 presenta una pérdida de masa a baja temperatura (30-200 °C) acompañada de un pico endotérmico y luego otra pérdida de masa que se prolonga hasta los 600 °C, acompañada de una banda exotérmica.

Por su parte, en la Masa 3 se observa un pequeño pico endotérmico a 572.5 °C correspondiente a la transformación de la fase del cuarzo, y un pico a los 702 °C no especificado. En este caso no son visibles las pérdidas de masa y picos correspondientes a arcillas.

Los ATD y TG de las tres masas de arcilla correspondientes a los sitios La Guillerma 1, La Guillerma 5 y San Ramón 7 presentan una

pérdida de masa a baja temperatura (30-200 °C) acompañada de dos picos endotérmicos que se corresponden con una deshidratación de la materia orgánica y de la humedad propia del material que ha estado enterrado, y pérdida de masas a partir de 400 °C que se corresponderían con la combustión de la materia orgánica (Figura 5).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Cada una de las técnicas empleadas para responder a los objetivos propuestos ofrecen diferente información, por ello, se usaron alternativamente. La DRX provee datos composicionales de las muestras, permitiendo identificar las fases de baja o alta temperatura presentes. Esto se complementa con las transformaciones que se observan en los análisis térmicos (TG-ATD-TMA) los cuales someten a la muestra a un nuevo proceso de cocción, monitoreado a partir de los cambios de masa, energéticos y dimensionales. Estos cambios pueden ser asociados a la composición y a la temperatura máxima alcanzada por la pieza en su cocción original.

En lo que respecta a las técnicas analíticas, los resultados obtenidos de los análisis de ATD y TG de los tiestos y de las masas de arcilla han mostrado picos endotérmicos cercanos a los 200 °C que pueden asociarse a un proceso de deshidratación. También, se observaron picos exotérmicos alrededor de los 300 °C, que son propios de la quema de materia orgánica y/u óxido de hierro. Además, la presencia de gehlenita indicaría la existencia de carbonatos cuya descomposición se inicia, aproximadamente, a los 700 °C liberando calcio que reacciona con la sílice desprendida de las arcillas. Posibles fuentes de carbonatos serían las conchillas (caracoles de agua dulce u otros moluscos) presentes en la zona del río Salado y sus lagunas.

Por otro lado, los resultados de la TMA nos indican que los fragmentos cerámicos poseen una leve contracción por debajo de los 200 °C que correspondería a una deshidratación leve y entre los 750 °C y 800 °C se observa un cambio en el comportamiento dilatométrico. Esto indicaría

que las muestras, probablemente, no fueron cocidas a temperaturas mayores a las indicadas, finalizando el proceso de sinterizado al superar estas temperaturas. Algunas muestras presentaron dilatación seguida de contracción y otras sólo contracción a partir de estas últimas temperaturas. El hecho de que algunas piezas se contraigan y otras se dilaten, se debería a la diferente composición mineralógica o a las alteraciones postdepositacionales registradas en el área de estudio.

El estudio de DRX evidencia que todos los fragmentos cerámicos poseen como fases mayoritarias: cuarzo, plagioclasas particularmente cálcicas (feldespatos calcosódidos), material illítico (minerales arcillosos). Como fases minoritarias: feldespatos potásicos y gehlenita (aluminio silicato cálcico). La presencia de gehlenita es indicativa de que no se han superado temperaturas mayores a 950 °C, (Serra et al., 2013). El material illítico sin descomponer confirma que las piezas no fueron calcinadas a temperaturas mayores a 900 °C (Araújo, Silva, Acchar & Gomes, 2004).

Con respecto a las masas de arcilla, con este estudio se pudo registrar la presencia de las mismas fases que en los tiestos cerámicos. Particularmente, en la Masa 1 se registró además hidroxiapatita, que podría asociarse con la presencia de hueso molido. Es interesante mencionar que la hidroxiapatita fue reconocida por DRX en las coberturas blanquecinas de tres tiestos recuperados en sitios de la localidad La Guillerma (Frère et al., 2016). También por DRX fue reconocida hidroxiapatita en sitios de la región pampeana y del nordeste argentino (entre otros, Mazzanti & Porto López, 2007; Ottalagano, Reinoso & Freire, 2020). Las masas de arcilla sufrieron cocción con o sin intencionalidad, a temperaturas similares a las de los tiestos cerámicos. Existe información etnográfica y arqueológica acerca del uso de bolas de arcilla como acumuladores de calor, que alcanzaron temperaturas entre 350° C y 600° C (Bracco Boksar, Duarte, Gutiérrez & Panario, 2021).

Sobre la base de la información generada del análisis macroscópico, térmico y analítico del material cerámico aquí estudiado, sumado a las

experiencias de quemas al aire libre que se están desarrollando, se infiere que los recipientes fueron colocados en fogones a ras de piso y a cielo abierto sin la construcción de estructuras fijas y la temperatura máxima alcanzada habría sido entre 800 y 900 °C (Francese, Miguéliz & Sabbatella, 2011; González, 2005; Rivas Gonzalez, 2016; Rivas Gonzalez & Granda, 2014; Rivas Gonzalez, Conconi, González & Frère, 2017).

Por otro lado, en los difractogramas de todas las muestras descriptas se observa la presencia de gehlenita, sanidina y otros feldespatos, minerales que actúan como indicadores de un estado de cocción adecuado sin superar los 1000 °C (Rodríguez Gordillo & Marín Díaz, 1987-88). Estas condiciones de cocción posibilitaron obtener un producto final durable y resistente al fuego y al uso cotidiano.

La medición de las temperaturas por las técnicas empleadas nos sirvió para caracterizar las propiedades térmicas del proceso de cocción. En definitiva, los presentes resultados arqueométricos han puesto de manifiesto que los grupos de cazadores-recolectores-pescadores y alfareros del río Salado bonaerense, conocían y controlaban de manera eficiente la cantidad de calor suministrada a las piezas cerámicas, la temperatura máxima y las atmósferas de cocción que rodeaban a los cacharros.

Dentro del marco de la actual tesis doctoral de una de las autoras, Rivas Gonzalez, los estudios experimentales de cocciones de teselas y vasijas manufacturadas con arcillas locales de las lagunas de Chascomús, Lobos, Juancho y de las barrancas del río Salado han demostrado que la cocción de estos objetos con madera de tala y a temperaturas superiores a 700 °C, generaron cambios cromáticos en las superficies variando de pálidos tonos ocre o amarrados en el momento del secado a diversas tonalidades rojizas después de la cocción. Las experimentaciones que se vienen desarrollando, indicarían que los alfareros del pasado eran hábiles en observar el color de las superficies de las vasijas, como indicador de la cocción final de las mismas. Por consiguiente, planteamos que estas bandas para controlar las temperaturas del fogón pudieron apreciar el cambio de color de las vasijas

al calentarse, lo que implicaba una extraordinaria destreza (Francesse, com. pers., 2021, Harvey, 1984). Además, dentro de estas observaciones no descartamos la percepción que pudieron tener los alfareros en cuanto a una sonoridad “más clara” o “de tipo campana”, como otra señal de la cocción de las piezas (Alfonso García, 2011).

Para concluir, los resultados presentados y discutidos en este trabajo resultan de gran interés no solo para las colecciones de alfarería arqueológica provenientes de la microrregión del río Salado, sino asimismo para regiones aledañas y, sin duda, para toda la región pampeana. De este modo, y en relación con el objetivo planteado, consideramos que contar con más trabajos experimentales y análisis arqueométricos conformarían una estrategia metodológica multidimensional e integrativa, válida para avanzar en el conocimiento de las temperaturas de cocción de las vasijas. De aquí, se desprende la importancia de plantear programas orientados a resolver objetivos puntuales, con seguimientos a largo plazo y en un mayor número de casos que profundizarían algunos aspectos de la cocción de las vasijas.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se enmarca dentro de los proyectos UBACyT 2018-2021 20020170100525BA y PICT 2015/0272.

BIBLIOGRAFÍA

Alfonso García, M. (2011). *Greda. Manual de Cerámica Canaria*. Tenerife: Asociación cultural Pinolere. Proyecto Cultural.

Araújo, J. H. D., Silva, N. F. D., Acchar, W. & Gomes, U. U. (2004). Thermal decomposition of illite. *Materials Research*, 7, 359-361.

Balesta, B., Paleo, M. C., Pérez Meroni, M. & Zagorodny, N. (1997). Revisión y estado actual de las investigaciones arqueológicas en el Parque

Costero Sur. En M. Berón & G. Politis (Eds.), *Arqueología de la Región Pampeana en la década de los 90* (pp. 147-160). Mendoza: Museo de Historia Natural de San Rafael.

Balfet, H., Fauvet-Berthelot, M. & Monzón, S. (1992). *Normas para la Descripción de Vasijas Cerámicas*. México: Centre d'Etudes Mexicaines et Centraméricaines.

Bracco Boksar, R. B., Duarte, C., Gutiérrez, O., & Panario, D. (2021). El Fuego, los Hornos de Tierra, y la elevación de los montículos de la cuenca de la laguna Merín *Revista de Arqueología*, 34(1), 152-176.

Broekmans, T., Adriaens, A. & Pantos, E. (2004). Analytical investigations of cooking pottery from Tell Beydar (NE-Syria). *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 226, 92-97.

Caruso, N. (1986). *Cerámica viva, manual práctico de la técnica de elaboración cerámica*. Barcelona: Omega.

Cremonte, M. B. (1983). Alcances y objetivos de los estudios tecnológicos en la cerámica arqueológica. *Anales de Arqueología y Etnología*, 38-40, 179-217.

Cremonte, M. B. & Botto, I. (2000). Cerámicas arqueológicas de la Ciénaga (Depto. Tañi, 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.

Di Prado, V., Conconi, S., Castro, C., Genazzini, C. & Silva, C. (2021). Lo que ganamos con el fuego. Estudio arqueométrico de las temperaturas de cocción en alfarería prehispánica del Delta Superior del río Paraná (Argentina). *Libro de resúmenes IX Encuentro de discusión arqueológica del nordeste* (p. 49). Resistencia Chaco, Instituto de Investigaciones Geohistorias.

Di Prado, V., Prieto, N. H., Conconi, M. S. &

- Maggi, J. (2015). Primeras aproximaciones a las condiciones de cocción de la alfarería prehispánica del sitio Los Tres Cerros 1 (Delta Superior del río Paraná, provincia de Entre Ríos). *Revista del Museo de La Plata, Antropología*, 14(89), 38.
- Escosteguy, P., Rivas Gonzalez, M, Fiel, M. V. & Vigna, M. (2017). A orillas de la Laguna de Lobos: el sitio arqueológico Techo Colorado (microrregión del río Salado Bonaerense). *Comechingonia. Revista de Arqueología*, 21(2), 15-45.
- Francesse, A., Miguéliz, G. & Sabbatella, M. (2011). *Cerámica y Arqueología. Producción Interdisciplinaria del Conocimiento*. Chascomús: ISFA-Escuela de Cerámica de Chascomús.
- Frère, M. M. (2015). *Tecnología cerámica de los cazadores-recolectores-pescadores de la microrregión del río Salado, Provincia de Buenos Aires*. (Tesis de Doctorado inédita), Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Frère, M. M., Constenla, D., Bayón, C. & González, M. I. (2010). Estudios actualísticos sobre recursos silvestres mediante el empleo de análisis químicos. En M. Berón, L. Luna, M. Bonomo, C. Montalvo, C. Aranda & M. Carrera Aizpitarte (Eds.), *Mamül Mapu: pasado y presente desde la arqueología pampeana* (pp. 215-226). Ayacucho, Buenos Aires: Editorial Libros del Espinillo.
- Frère, M. M, González M. I., Di Lello, C., Polla, G., Freire, E., Halac, E., Reinoso, M., Custo, G. & Ortiz, M. (2016). Nuevos aportes a la arqueología de las tierras bajas sudamericanas. Empleo de colorantes en coberturas de fragmentos de alfarería del río Salado bonaerense. *Intersecciones en Antropología*, 3, 45-55.
- Frère, M. M., González, M. I., & Greco, C. (2016). Continuity in the use of shallow sites of the Salado river basin in the Pampean Region, Argentina. *Radiocarbon*, 58(4), 921-933.
- Frère, M. M., González, M. I., Chan, D. & Flores, M. (2012). Análisis comparativo de la petrografía cerámica en la región del río Salado (provincia de Buenos Aires). *Comechingonia. Revista de Arqueología*, 16(2), 115-137.
- Frontini, P. (1990). ¿Nuevos materiales para una nueva edad? *Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy*, 1(6), 48-55.
- García Rosselló, J. & Calvo Trías, M. (2006). Análisis de las evidencias macroscópicas de cocción en la cerámica prehistórica: una propuesta para su estudio. *Mayurqa*, 31, 83-112.
- González, M. I. (2005). *Arqueología de alfareros, cazadores y pescadores pampeanos*. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Antropología.
- González Bonorino, F. (1965). Mineralogía de las fracciones arcilla y limo del Pampeano en el área de la ciudad de Buenos Aires y su significado estratigráfico y sedimentológico. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, XX (1), 67-148.
- González de Bonaveri, M. I. (2002). Los cazadores-recolectores-pescadores de la cuenca inferior del río Salado (Región Pampeana). (Tesis Doctoral inédita), Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- González, M. I. & Frère, M. M. (2009). Talares y paisaje fluvial bonaerense: arqueología del río Salado. *Intersecciones en Antropología*, 10(2), 249-265.
- González, M. I. & Frère, M. M. (2010) *Diseños prehispánicos de la alfarería pampeana*. Buenos Aires: Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires.
- González, M. I. & Frère, M. M. (2019). Río Salado: espacio de interacción de cazadores-recolectores-pescadores (provincia de Buenos Aires, Argentina). *Revista del Museo de La Plata*, 4(2), 621-642.

- González de Bonaveri, M. I. & Zárate, M. (1993/94). Dinámica de suelos y registro arqueológico: La Guillerma, Provincia de Buenos Aires. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología XIX*, 285-305.
- Gosselain, O. (1992). Bonfire of the Enquiries. Pottery Firing Temperatures in Archaeology: What For? *Journal of Archaeological Science*, 19, 243-259.
- Harvey, D. (1984). *Cerámica creativa*. Barcelona: Editorial CEAC.
- Heras y Martínez, C. (1992). Glosario terminológico para el estudio de las cerámicas arqueológicas. *Revista Española de Antropología Americana*, 22, 9-34.
- Kingery, W. B. (1974). A note on the differential thermal analysis of archaeological ceramics. *Archaeometry*, 16(1), 109-112.
- Kingery, W. B., Bowen, H. K. & Uhlmann, D. R. (1976). *Introduction to Ceramics*. New York Willey: Wiley Interscience Publication.
- Klug, H. P. & Alexander, L. E. (1974). X-Ray Diffraction Procedures for Polycrystalline and Amorphous Materials. 2nd Edition, *John Wiley and Sons*, 618-708. New York-Sydney-Toronto.
- Livingstone Smith, A. (2001). Bonfire II: The Return of Pottery Firing Temperatures. *Journal of Archaeological Science*, 28, 991-1003.
- Maniatis, Y., Facorellis, Y., Pillali, A. & Papanthimou-Papaefthimou, A. (2002). Firing temperature determinations of low fired clay structures. *BAR International Series*, 1011, 59-68.
- Maniatis, Y. & Tite, M. S. (1981). Technological Examination of Neolithic-Bronze Age Pottery from Central and Southeast Europe and from the Near East. *Journal of Archaeological Science*, 8, 59-7.
- Mari, E. (1998). *Los materiales cerámicos*. Buenos Aires: Editorial Alsina.
- Maritan, L., Nodari, L., Mazzoli, C., Milano, A. & Russo, U. (2006). Influence of firing conditions on ceramic products: experimental study on clay rich in organic matter. *Applied Clay Science*, 31, 1-15.
- Mazzanti, D. & Porto López, J. M. (2007). Caracterización petrográfica y estructural de cerámicas de las sierras de Tandilia. En M. B. Cremonte & N. Ratto (Eds.), *Cerámicas arqueológicas. Perspectivas arqueométricas para su análisis en interpretación* (pp. 97-122). Jujuy: Editorial Universidad Nacional de Jujuy.
- Meyvel, S., Sathya, P. & Velraj, G. (2012). Thermal characterization of archaeological pot sherds recently excavated in Nedunkur, Tamilnadu, India. *Cerâmica*, 58, 338-341.
- Morales Güeto, J. (2005). *Tecnología de los materiales cerámicos*. Ediciones Díaz de Santos.
- Norton, F. H. (1966). *Cerámica para el artista alfarero*. México: Compañía Editorial Continental S.A.
- Ortega, L., Zuluaga, M. C., Alonso, A. & Olaetxea, C. (2005). El estudio arqueométrico de las producciones cerámicas. *MUNIBE (Antropología-Arqueología)*, 57, 365-388.
- Orton, C., Tyers, P. & Vince, A. (1997). *La cerámica en arqueología*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Ottalagano, F., Reinoso, M. & Freire, E. (2020). Análisis químico de pinturas en alfarerías de estilo Goya-Malabrigo (Nordeste de Argentina). *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino*, 25(1), 99-113.
- Pérez Meroni, M. & Blasi, A. (1997). Sitio Arqueológico "El Ancla" Provincia de Buenos Aires. Ensayo y Experimentación de sedimentos pelíticos locales para la manufactura de cerámica.

- En Berón, M. & Politis, M. (Eds.), *Arqueología pampeana en la década de los '90* (pp. 175-185). San Rafael/Olavarría: Museo de Historia Natural/ INCUAPA.
- Pupio, A., Ortiz H., González, M. I. & Frère, M. M. (2004). Réplicas: Manejo y Conservación de objetos de alfarería. *XV Congreso Nacional de Arqueología Argentina*, Río Cuarto, Córdoba.
- Rice, P. (1987). *Pottery Analysis: A Sourcebook*. Chicago: University of Chicago Press.
- Rivas Gonzalez, M. (2016). Aproximación al estudio de las alteraciones superficiales y análisis térmicos: la cerámica del sitio La Cuña (provincia de Buenos Aires). *Actas del XIX Congreso Nacional de Arqueología Argentina*, Volumen 54:172-177. San Miguel de Tucumán: Facultad de Ciencias Naturales e I.M.L., Universidad Nacional de Tucumán.
- Rivas Gonzalez, M., Conconi, S., González, M. I. & Frère, M. M. (2016). Estimación de las temperaturas de cocción en cerámicas arqueológicas del río Salado. *Libro de resúmenes de la 2da Jornada Nacional de Investigación en Cerámica* (pp. 8). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Asociación Técnica Argentina de Cerámica.
- Rivas Gonzalez, M., Conconi, S., González, M. I. & Frère, M. M. (2017). Estudios arqueométricos: estimación de temperaturas de cocción de cerámicas del río Salado. *Libro de resúmenes del VIII Congreso de Arqueología de la Región Pampeana Argentina* (pp. 117-119). Luján: Universidad Nacional de Luján.
- Rivas González, M. & Granda, P. (2014). Análisis macroscópico de conjuntos de alfarería arqueológica de los partidos de Lezama y San Miguel del Monte (provincia de Buenos Aires). *Libro de Resúmenes del VII Congreso de Arqueología de la Región Pampeana Argentina*, (pp. 13) Rosario: Gobierno de Santa Fe.
- Rodríguez Gordillo, J. & Marín Diaz, N. (1987-88). Estudio mineralógico de materiales cerámicos encontrados en la villa romana de Loma de Ceres. Establecimiento de sus temperaturas de cocción. *Cuadernos de prehistoria y arqueología de la Universidad de Granada*, 12-13, 231-235.
- Rye, O. S. (1994). *Pottery technology. Principles and reconstruction. Manuals on archaeology 4*. Washington DC: Taraxacum.
- Serra, M. F., Conconi, M. S., Suárez, G., Agietti, E. F. & Rendtorff, N. M. (2013). Firing transformations of an argentinean calcareous commercial clay. *Cerâmica*, 59(350), 254-261.
- Shepard, A. (1968). *Ceramics for the archaeologist*. Publication 609. Washington: Carnegie Institution.
- Shoval, S. & Beck, P. (2005). Thermo-FTIR spectroscopy analysis as a method of characterizing ancient ceramic technology. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 82, 609-616.
- Taylor, S. & Jackson, R. (1986). Temperature. *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods*, 927-940.
- Zárate, M. A, González de Bonaveri, M. I., Flegenheimer, N. & Bayón, C. (2000-2002). Sitios arqueológicos someros: el concepto de sitio en estratigrafía y sitio de superficie. *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamientos Latinoamericano*, 19, 635-653.